Diccionario de Teoría General de los Sistemas

El presente texto ofrece una visión panorámica de los principales conceptos de la Teoría General de los Sistemas de Ludwig von Bertalanffy de utilidad para investigadores, docentes, profesionales de las más diversas áreas científicas, y para toda aquella persona interesada en los más actuales enfoques sistémicos dentro del conocimiento científico. En el material se ha evitado en todo lo posible terminología demasiado técnica, y puede ser recorrido de dos maneras diferentes: a) como diccionario convencional, donde el lector puede acceder al término que le interesa por orden alfabético, y b) como manual de consulta, para lo cual en la presentación del libro se ofrece una secuencia de lectura que recorre el pensamiento de von Bertalanffy desde los conceptos más generales a los más específicos.

Pablo Cazau
El autor es Licenciado en Psicología y Profesor de Enseñanza Media y Superior en Psicología, títulos otorgados por la Universidad de Buenos Aires. Profesor de Epistemología, Metodología de la Investigación y otras asignaturas en la Universidad Católica, la Universidad de Belgrano y la Universidad Favaloro, y revisor de publicaciones científicas.

978-3-659-00396-7

editorial académica española

Diccionario de Teoría de Sistemas

Cazau

FOR AUTHOR USE

editorial académica española

Pablo Cazau

Diccionario de Teoría General de los Sistemas

Una visión panorámica del pensamiento sistémico de Ludwig von Bertalanffy

Pablo Cazau

Diccionario de Teoría General de los Sistemas

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

Pablo Cazau

Diccionario de Teoría General de los Sistemas

Una visión panorámica del pensamiento sistémico de Ludwig von Bertalanffy

FOR AUTHOR USE ONLY

Editorial Académica Española

Impresión
Información bibliográfica publicada por Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek enumera esa publicación en Deutsche Nationalbibliografie; datos bibliográficos detallados están disponibles en internet en http://dnb.d-nb.de.
Los demás nombres de marcas y nombres de productos mencionados en este libro están sujetos a la marca registrada o la protección de patentes y son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. El uso de nombres de marcas, nombre de producto, nombres comunes, nombre comerciales, descripciones de productos, etc. incluso sin una marca particular en estas publicaciones, de ninguna manera debe interpretarse en el sentido de que estos nombres pueden ser considerados ilimitados en materias de marcas y legislación de protección de marcas y, por lo tanto, ser utilizadas por cualquier persona.

Imagen de portada: www.ingimage.com

Editor: Editorial Académica Española es una marca de
LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Alemania
Teléfono +49 681 3720-310, Fax +49 681 3720-3109
Correo Electronico: info@eae-publishing.com

Publicado en Alemania
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin, Books on Demand GmbH, Norderstedt,
Reha GmbH, Saarbrücken, Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-659-00396-7

FOR AUTHOR USE ONLY

Imprint (only for USA, GB)
Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek: The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.
Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this works is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher: Editorial Académica Española is an imprint of the publishing house
LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany
Phone +49 681 3720-310, Fax +49 681 3720-3109
Email: info@eae-publishing.com

Printed in the U.S.A.
Printed in the U.K. by (see last page)
ISBN: 978-3-659-00396-7

Copyright © 2012 by the author and LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG and licensors
All rights reserved. Saarbrücken 2012

TABLA DE CONTENIDOS

Presentación 5

Adaptación 11
Ambientalismo 13
Análisis factorial 14
Analogía 15
Antropología 16
Auto- 18
Bertalanffy Ludwig von 20
Biología 21
Caos 23
Categoría 25
Causalidad 32
Centralización 34
Cibernética 35
Ciencia 39
Ciencia de los sistemas 43
Competencia 44
Comportamiento 46
Crecimiento 51
Diferenciación 55
Ecología 57
Economía, principio 58
Enfoque de sistemas 59
Entropía 61
Epistemología de sistemas 70
Equifinalidad 71
Equilibrio, principio 73
Estabilidad 75
Estado 75
Estado de equilibrio 77
Estado uniforme 78
Estímulo-respuesta 86
Estructura 87

FOR AUTHOR USE ONLY

Existencialismo 89
Explicación 90
Filosofía de los sistemas 92
Finalidad 92
Generalista científico 96
Historia 97
Homeostasis 100
Homología 103
Individuo/individualización 105
Información, teoría 106
Integración 107
Intencionalidad 107
Interdisciplinario 108
Isomorfismo 110
Libre albedrío 115
Máquina 117
Matemática 120
Mecanicismo 122
Mecanización 128
Metabolismo 129
Modelo 130
Observación 133
Ontología de sistemas 135
Orden jerárquico 136
Organísmica, concepción 137
Organismo 141
Organización 142
Paradigma 144
Personalidad 145
Perspectivismo 148
Psicología 149
Reduccionismo 156
Regulación 159
Retroalimentación 162
Segregación 168
Simbolismo 170

FOR AUTHOR USE ONLY

Sistema **172**
Sistema abierto **181**
Sistema cerrado **184**
Sistema químico **185**
Sociología **188**
Sumatividad **191**
Tecnología **194**
Teoría **195**
Teoría general de los sistemas **196**
Termodinámica irreversible **204**
Totalidad **205**
Valor **207**
Vitalismo **208**

Bibliografía **210**

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

PRESENTACIÓN

El pensamiento de Ludwig von Bertalanffy, plasmado en su clásico texto "Teoría General de los Sistemas", constituye una insoslayable referencia de los actuales puntos de vista sistémicos en las distintas disciplinas científicas. La presente es una obra de consulta sobre sus principales ideas y está destinada a profesionales, docentes, investigadores y estudiantes de las diferentes ciencias, así como a toda persona interesada en la comprensión de los más actuales enfoques de sistemas en el campo del conocimiento científico.
La Teoría General de los Sistemas comenzó a plasmarse hacia la década del ’40 en el siglo XX, y una de las primeras publicaciones sistemáticas sobre el tema datan de 1968.

Este diccionario puede leerse de dos maneras distintas:

FOR AUTHOR USE ONLY

a) Como simple diccionario (*lectura alfabética*): para conocer el significado y los alcances de un término predeterminado, en cuyo caso se buscará alfabéticamente el artículo respectivo entre los siguientes: *Adaptación – Ambientalismo – Análisis factorial – Analogía – Antropología – Auto - Bertalanffy Ludwig von – Biología – Caos - Categoría – Causalidad – Centralización – Cibernética – Ciencia – Ciencia de los sistemas – Competencia – Comportamiento – Crecimiento – Diferenciación – Ecología – Economía, principio – Enfoque de sistemas – Entropía – Epistemología de sistemas – Equifinalidad – Equilibrio, principio – Estabilidad – Estado – Estado de equilibrio – Estado uniforme – Estímulo-respuesta – Estructura – Existencialismo – Explicación – Filosofía de los sistemas – Finalidad – Generalista científico – Historia – Homeostasis – Homología – Individuo/individualización – Información, teoría – Integración – Intencionalidad – Interdisciplinario – Isomorfismo – Libre albedrío – Máquina – Matemática – Mecanicismo – Mecanización – Metabolismo – Modelo – Observación – Ontología de sistemas – Orden jerárquico – Organísmica, concepción – Organismo – Organización – Paradigma – Personalidad – Perspectivismo – Psicología –*

Reduccionismo – Regulación – Retroalimentación – Segregación – Simbolismo – Sistema – Sistema abierto – Sistema cerrado – Sistema químico – Sociología – Sumatividad – Tecnología – Teoría – Teoría general de los sistemas – Termodinámica irreversible – Totalidad – Valor – Vitalismo.

b) Como manual clásico (*lectura sistemática*): mientras el ordenamiento alfabético está centrado en el significante, el orden sistemático está centrado en el significado puesto que muestra cómo están relacionadas conceptualmente las ideas. Por ejemplo, "Organismo" y "Adaptación" están alfabéticamente muy distantes, pero conceptualmente muy próximas. En este último sentido, el presente material puede ser leído como un manual que expone sistemáticamente la Teoría General de los Sistemas.

Una lectura sistemática de esta obra implica utilizarla como un manual en el sentido clásico (en oposición a su empleo como simple diccionario). Para este tipo de abordaje, el lector podrá comenzar con el artículo "Bertalanffy, Ludwig von", y desde allí hasta llegar al último, "Ecología", siguiendo la secuencia de lectura: *Bertalanffy, Ludwig von - Teoría General de los Sistemas - Filosofía de los sistemas - Ontología de Sistemas - Epistemología de Sistemas – Valor – Observación - Estructura – Organización - Auto- - Crecimiento – Competencia – Totalidad – Sumatividad – Segregación - Regulación – Diferenciación – Mecanización - Centralización - Integración - Individuo/individualización - Orden jerárquico - Estabilidad - Adaptación – Finalidad – Homeostasis – Retroalimentación – Equifinalidad – Intencionalidad - Sistema cerrado - Sistema abierto – Estado - Estado de equilibrio - Estado uniforme – Generalista científico - Interdisciplinario – Isomorfismo – Reduccionismo – Perspectivismo - Analogía – Homología – Explicación – Ciencia – Tecnología – Paradigma - Teoría - Modelo – Matemática - Análisis factorial – Máquina - Termodinámica irreversible – Entropía - Sistema químico – Biología – Mecanicismo - Causalidad – Caos – Vitalismo – Organísmica, concepción - Organismo - Metabolismo – Psicología – Economía, principio - Ambientalismo - Estímulo-respuesta – Equilibrio, principio –*

FOR AUTHOR USE ONLY

Comportamiento - Libre albedrío – Existencialismo - Personalidad – Simbolismo – Sociología – Historia – Antropología – Categoría - Ecología.

En la siguiente descripción general, el lector puede visualizar rápidamente la forma de relacionar estos conceptos:
Bertalanffy, Ludwig von es el creador de la *teoría general de los sistemas* (TGS). Dentro de la TGS podemos centrarnos en cuatro aspectos: su sentido amplio, sus métodos, su sentido estricto, y su relación con las distintas ciencias. En sentido amplio, la TGS abarca tres ramas: la *filosofía de los sistemas* (con sus tres sub-ramas*: ontología de sistemas, epistemología de sistemas* y axiología de sistemas (cuya idea central es el concepto de *valor*). Entre los métodos utilizados por la TGS, está la inducción, en la que tiene un papel sobresaliente la *observación*.
La TGS en sentido estricto se ocupa de la idea de sistema, de sus propiedades y de su clasificación La descripción de un *sistema* puede ser interna o externa. La descripción interna de los sistemas nos remite al concepto de *estructura*. Otra característica esencial de los sistemas es que todo sistema es una *organización*. Una forma muy importante de organización es la autoorganización (*auto-*). Las propiedades formales de los sistemas son: el *crecimiento*, la *competencia*, la *totalidad*, la *sumatividad*, la *segregación* (ver aquí también *regulación* y *diferenciación*) la *mecanización*, la *centralización* (ver aquí también *integración* e *individuo/individualización*), el *orden jerárquico* y la diversidad. Otras propiedades de los sistemas son la *estabilidad*, la *adaptación* y la *finalidad*. En relación con el concepto de finalidad están las ideas de *homeostasis*, *retroalimentación*, *equifinalidad* e *intencionalidad*. Una forma de clasificar los sistemas es como *sistemas cerrados* y *sistemas abiertos*. Tanto unos como otros poseen un *estado*. Los sistemas cerrados llegan a un *estado de equilibrio*, mientras que los sistemas abiertos llegan a un *estado uniforme*.
La TGS se ha ocupado también de mostrar como aparece la idea de sistema en las distintas ciencias. Una tarea del *generalista*

FOR AUTHOR USE ONLY

científico es promover el desarrollo de tareas *interdisciplinarias* sobre la base de una idea compartida de sistema. Esta colaboración se funda en la existencia de *isomorfismos* entre sus respectivos temas de estudio, pero este isomorfismo nos hace correr el riesgo de hacer *reduccionismos*, contrarios al espíritu de la TGS. Frente a ellos, la TGS propone un *perspectivismo*. Existen tres maneras de describir la realidad en términos de semejanzas entre fenómenos: la *analogía*, la *homología* y la *explicación*. La *ciencia*, en interacción con la *tecnología*, progresa a través de la instalación de sucesivos *paradigmas*. Un paradigma es una *teoría* aceptada y reconocida en una determinada época por la comunidad científica. Teoría y *modelo* son dos ideas íntimamente relacionadas. El concepto de sistema aparece en muchas ciencias, como por ejemplo en la *matemática*. Dentro de ésta última, el *análisis factorial* es un área directamente vinculada con la TGS. Dentro de las ciencias físico-químicas, la TGS explora los conceptos de *máquina*, *termodinámica irreversible*, *entropía* y *sistema químico*. En biología, von Bertalanffy indica tres posiciones: el *mecanicismo* (ver aquí también *causalidad* y *caos*), el *vitalismo*, y la concepción *organísmica* (ver aquí también *organismo*). También se hace referencia al concepto de *metabolismo*. En *psicología*, la TGS criticará especialmente la llamada psicología del hombre-robot, fundada en cuatro principios: el principio *de economía*, el *ambientalismo*, el esquema *estímulo-respuesta* y el *principio de equilibrio*. Desde la TGS, la psicología estudia el *comportamiento* en tanto admite el *libre albedrío*. También se abordan aquí el *existencialismo* y los conceptos de *personalidad* y *simbolismo*. Otras ciencias donde se estudian sistemas son la *sociología*, la *historia*, la *antropología* (ver aquí también *categoría*) y la *ecología*.

FOR AUTHOR USE ONLY

En lo posible, se ha procurado utilizar un lenguaje accesible, prescindiendo de ciertos tecnicismos (especialmente lógico-matemáticos y físico-químicos), innecesarios en función del alcance de la presente obra, y se ha utilizado la sigla TGS para abreviar "Teoría General de los Sistemas".

Por razones didácticas, al comienzo de cada artículo se expone un resumen o síntesis del contenido del mismo, y se han incluido esquemas y tablas acompañando algunos de los textos que, salvo indicación en contrario, fueron elaborados por el autor del presente Diccionario.

Pablo Cazau. Buenos Aires, Marzo 2012.

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

ADAPTACIÓN

Característica de los sistemas según la cual estos pueden compensar desequilibrios originados en el ambiente, con la finalidad de mantenerse en estado de equilibrio o bien en estado uniforme. Von Bertalanffy aplica la idea especialmente a los seres vivos, y en relación con la finalidad de la supervivencia (201).

1. Cambio en el ser vivo y cambio ambiental.- En el ambiente se producen cambios, pero también estos ocurren en el mismo ser vivo. Estos últimos pueden clasificarse en tres tipos (125, 126): a) cambios periódicos y autónomos originados en el sistema mismo, como los movimientos automáticos en la respiración, la circulación, la digestión y las actividades eléctricas rítmicas de los centros nerviosos; b) cambios ocasionales provocados por estímulos externos al organismo, y cuya finalidad es hacer retornar a este a su estado uniforme. Por ejemplo los cambios producidos en los órganos sensoriales por agentes físicos o químicos del entorno (fenómenos de excitación); c) cambios a largo plazo, que acaecen en el contexto del ciclo vital total: desarrollo embrionario, crecimiento, envejecimiento, muerte, etc.

FOR AUTHOR USE ONLY

De estos tres tipos, el cambio en el segundo sentido es el único que ocurre en respuesta a cambios ambientales, y es el que, según se desprende del texto de von Bertalanffy, el que describe más adecuadamente el fenómeno de la adaptación, el cual, entonces, puede ser definido como el comportamiento del ser vivo destinado a compensar los desequilibrios ocasionados por el entorno, con el fin de preservar su estado uniforme.

Se puede afirmar entonces (135, 136), que el sistema viviente puede generar fuerzas dirigidas contra la perturbación, como por ejemplo cuando un estímulo externo incrementa el catabolismo (destrucción de moléculas), y el organismo compensa esta perturbación incrementando la incorporación (alimentándose con nuevas moléculas). Se dice en estos casos que el organismo exhibe 'adaptación' a la nueva situación: el sistema ha podido

autorregularse. De existir, la diferencia entre adaptación y regulación parece ser, en el planteo de von Bertalanffy, el hecho de que todo mecanismo adaptativo implica mecanismos de regulación, sólo que desencadenados por estímulos externos.

2. Finalidades del comportamiento adaptativo.- Cualquier comportamiento adaptativo implica al menos tres condiciones: a) debe haber una perturbación de origen externo, b) debe existir una capacidad del sistema de compensar la perturbación, c) y esta compensación no es 'ciega', o sea debe estar orientada hacia un fin o meta. En el presente parágrafo interesa especialmente esta última condición.

En un sentido amplio, la finalidad del comportamiento adaptativo puede consistir o bien en mantener un estado de equilibrio mediante mecanismos homeostáticos, o bien en alcanzar la meta del estado uniforme mediante la equifinalidad. Lo primero es más propio de sistemas cerrados, y lo segundo de los sistemas abiertos. Más en relación con los mecanismos homeostáticos, von Bertalanffy describe un modelo de comportamiento adaptativo denominado modelo de funciones escalonadas (46). Ashby incluso construyó una máquina electromagnética, el homeostato, capaz de adaptarse por ensayo y error. La máquina, una vez estimulada exteriormente, prueba diferentes caminos y medios, hasta estabilizarse o alcanzar el equilibrio cuando ya no entre el conflicto con valores críticos del medio circundante. La expresión 'funciones escalonadas' alude la hecho de que, cuando el sistema atravesó un estado crítico, emprende un nuevo modo de comportamiento. Otro ejemplo es la computadora autoprogramable (100).

En los animales también existen mecanismos homeostáticos de adaptación donde se busca retornar al equilibrio original, pero von Bertalanffy aclara que la actividad del organismo viviente va más allá de esta simple adaptación, pues busca siempre nuevas estimulaciones que lo desequilibren y lo hagan tender al estado uniforme, que es esencialmente un estado de desequilibrio permanente. Indica el mismo autor que, si luego de perturbada desde afuera, la vida volviera ni más ni menos a un simple

FOR AUTHOR USE ONLY

equilibrio homeostático, nunca habría progresado más allá de la ameba, que después de todo es el animal mejor adaptado del mundo puesto que ha podido sobrevivir miles de millones de años (201).

Por tanto, si se extiende la idea de adaptación más allá de los simples comportamientos destinados a preservar la vida, deberán incluirse también todos aquellos comportamientos que, como el arte, la religión, la creatividad y la cultura en general, no tienen la finalidad utilitaria de la supervivencia pero que se han convertido en característica esencial de la especie humana. Considerada como adaptación en sentido estricto, la creatividad es un fracaso (los poetas se mueren de hambre o, como diría von Bertalanffy, al señor Fulánez le va mejor, desde el punto de vista utilitario, que a Beethoven o a Miguel Ángel).

En suma: si bien von Bertalanffy no termina de aclarar los alcances del concepto de adaptación, puede inferirse a partir de sus afirmaciones un sentido estricto (adaptación como tendencia hacia un equilibrio homeostático) y un sentido amplio (que incluye además la tendencia hacia un estado de desequilibrio más propio de las actividades no utilitarias, como por ejemplo el arte). El ser humano que, por diversas circunstancias esté imposibilitado por realizar estas últimas actividades 'desequilibrantes', habrá reducido sus comportamientos adaptativos al esquema homeostático, y se habrá transformado en una especie de autómata, 'adaptado' pasivamente al entorno social que le tocó vivir (201).

FOR AUTHOR USE ONLY

AMBIENTALISMO

Principio según el cual la conducta y la personalidad son conformadas por influencias externas (199). Según von Bertalanffy, es uno de los cuatro principios que gobiernan el comportamiento humano, sustentados total o parcialmente por las teorías psicológicas que siguen el modelo del hombre-robot. Dentro de ellas dicho autor incluye

concepciones tan aparentemente disímiles como el conductismo y el psicoanálisis (197).

Cabe citar algunos ejemplos de ambientalismo mencionados en el texto de von Bertalanffy. a) En el conductismo: el condicionamiento por sí solo puede transformar un individuo en la persona que uno desee. b) En psicoanálisis: la personalidad se forma por las experiencias de la primera infancia. c) En psicología cognitiva: el cerebro humano es una computadora que puede programarse a voluntad. d) En psiquiatría: los enfermos pueden ser rehabilitados mediante un condicionamiento oportuno.
La TGS considera falso el enfoque del hombre-robot en la medida en que pretende constituirse en la única explicación del comportamiento humano (200). Por ejemplo, es fácil refutar el ambientalismo cuando se advierte que aun los seres vivos más sencillos tienen diferencias entre ellos, lo que hace que, aun cuando reciban las mismas influencias ambientales, habrá otros factores individuales que producirán conductas diferentes. El modelo del robot sólo abarca parte del comportamiento animal, y no cubre en absoluto ninguna porción esencial de la conducta humana (219).
Los otros tres principios que aparecen en el modelo del hombre-robot son el principio de estímulo-respuesta, el principio de equilibrio y el principio de economía (ver *Estímulo-respuesta*, *Equilibrio, principio* y *Economía, principio*).

FOR AUTHOR USE ONLY

ANÁLISIS FACTORIAL

Aislamiento de factores en fenómenos multivariables que se llevan a cabo en psicología y otros campos (94). Se trata de un enfoque matemático especialmente apto para llevar a cabo investigaciones en un contexto sistémico.

La ciencia clásica (96) se ocupaba ante todo de problemas de dos variables, de cursos causales lineales, de una causa y un efecto, o

de unas pocas variables cuando mucho. La mecánica, por ejemplo, da soluciones perfectas para la atracción entre dos cuerpos (un sol y un planeta), permitiendo la predicción de sus futuras configuraciones. Pero ya el problema de tres cuerpos es en principio insoluble y sólo puede abordarse mediante aproximaciones. Otro tanto ocurre en la física atómica, cuando se pueden estudiar bien problemas de dos partículas subatómicas, como el protón y el electrón.

Sin embargo (96) este enfoque, que aquí podría llamarse unifactorial pues investiga una sola causa de un fenómeno, resulta insuficiente en el campo de la biología, la psicología y las ciencias sociales, donde hay que enfrentar 'complejidades organizadas' que se manifiestan como fenómenos multivariables, y que requieren nuevos instrumentos conceptuales que, como el análisis multifactorial, intenta resolver interacciones entre muchas (pero no infinitas) variables.

FOR AUTHOR USE ONLY

ANALOGÍA

a) En sentido general, analogía es la relación que se establece entre dos o más cosas en virtud de una o varias características en común. b) En el contexto de la TGS, las analogías son similitudes superficiales entre fenómenos que no se corresponden ni en factores causales ni en las leyes pertinentes (86).

1. Definición general.- Dos o más cosas son análogas cuando tienen algo en común. Por ejemplo, entre un globo y una naranja hay una analogía, ya que ambos comparten una característica en común, como puede ser la forma esférica.

2. Analogía en la TGS.- En el marco de su discusión del concepto de isomorfismo, von Bertalanffy establece una diferencia entre tres niveles en la descripción de los fenómenos: las analogías, las

homologías y las explicaciones (ver también *Homología* y *Explicación*).

Las analogías se basan en semejanzas superficiales, como por ejemplo entre el crecimiento de un cristal y el crecimiento de un organismo. Las homologías se basan en leyes formalmente idénticas, como por ejemplo la corriente de un líquido y la corriente eléctrica. Las explicaciones se basan en leyes específicas en común, como por ejemplo el equilibrio químico y el crecimiento de una población.

Pueden mencionarse aquí algunos ejemplos de analogías, consideradas por la TGS como inútiles para la ciencia y perniciosas en sus consecuencias prácticas (83): a) El crecimiento de un organismo y el crecimiento de un cristal son fenómenos análogos por presentar parecidos superficiales, pero no siguen las mismas pautas de crecimiento y las leyes que los rigen son diferentes; b) un bosque y un organismo se parecen superficialmente por ser conjuntos de muchas unidades (árboles y células), pero existe evidente diferencia entre la unificación de un organismo y la vaguedad de una asociación vegetal; c) el desarrollo de una población y el de un organismo son también analogías, y como tales presentan solamente semejanzas superficiales; d) von Bertalanffy (121) discute especialmente la "analogía organísmica", que se establece entre la evolución de un organismo y la de una civilización, como lo hizo el historiador Spengler, sobre la base de que ambos nacen, crecen y acaban por morir (nuevamente semejanzas superficiales).

FOR AUTHOR USE ONLY

ANTROPOLOGÍA

Suelen distinguirse tres ramas de la antropología: la antropología física, la antropología cultural y la antropología filosófica. El enfoque sistémico ha sido aplicado predominantemente en el contexto de la antropología cultural, disciplina científica que genéricamente se ocupa de la investigación de las culturas humanas en sus diversos

aspectos tales como las relaciones familiares, las estructuras de poder, las costumbres, las tradiciones, los lenguajes, etc.

1. La antropología y sus variedades.- Más allá del planteo de von Bertalanffy, generalmente suelen distinguirse tres grandes ramas: a) La antropología física, que estudia las características físicas del hombre como especie: sus orígenes, sus variedades raciales, etc., para lo cual emplea típicamente métodos antropométricos. Es la antropología más directamente emparentada con la biología. b) La antropología cultural: en lugar de estudiar al hombre como entidad natural, como en el caso anterior, se centra en él mas bien como entidad cultural, y por ello estudiará las culturas humanas en sus diversas manifestaciones como la familia, las costumbres, los mitos, y tradiciones, el lenguaje, etc. c) La antropología filosófica: si los dos tipos anteriores constituían estudios científicos, ésta última procurará un enfoque más teórico, general y especulativo sobre la condición humana, e intentará, por ejemplo, desentrañar la 'estructura fundamental' del ser humano o su 'naturaleza última'.
Más allá de esta clasificación tradicional de los estudios antropológicos, hay otras variedades menores y más recientes tales como la antropología política, la antropología económica o la antropología ecológica.

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Antropología cultural y enfoques sistémicos.- Hay dos formas en que puede relacionarse el enfoque sistémico con la antropología: a) Empleo de conceptos antropológicos para justificar o fundamentar una TGS: esta tarea es encarada específicamente por von Bertalanffy, cuando utiliza la idea de 'categoría', empleada en antropología, como concepto que permite justificar un enfoque sistémico, ya que la idea de 'sistema' es en sí misma una categoría universal (ver *Categoría*, *Perspectivismo*). b) Empleo de conceptos del enfoque sistémico para encarar estudios antropológicos: existen numerosos y variados planteos por comprender los hechos antropológicos a la luz del paradigma sistémico. Uno de ellos, por ejemplo, intentó una analogía orgánica, es decir, comparar en

algunos aspectos los sistemas sociales y culturales con organismos biológicos, habida cuenta que estos últimos -y por ende también los primeros- pueden ser concebidos como sistemas. Al respecto: 1) se concibe el sistema social y cultural como una serie de redes de comunicación, 2) se estudian, más que las entidades, sus mutuas relaciones, y 3) se privilegia en el estudio de la organización del sistema antes que otros aspectos. El análisis de sistemas tiene la ventaja de permitir el abordaje de los fenómenos teleológicos de un modo no antropomórfico, y tiene aplicaciones importantes en antropología política, económica y ecológica.

Existen algunos planteos de índole sistémica bastante representativos, como por ejemplo los de Gregory Bateson y los de Claude Lévi-Strauss, éste último fundador de la antropología estructural. Los planteos estructuralistas europeos en general (como el de Lévi-Strauss) presentan notables similitudes con los planteos sistémicos anglosajones y, si bien utilizan diferentes etiquetas principales ('estructura' y 'sistema', respectivamente), ambos apuntan a la comprensión de la realidad sobre la base de la idea de elementos mutuamente interactuantes que conforman una totalidad organizada y relativamente independiente y autónoma. En efecto, el mismo von Bertalanffy (XIII) reconoce un paralelismo entre el desarrollo de la TGS y las corrientes estructuralistas francesas, como las de Piaget o Lévi-Strauss.

FOR AUTHOR USE ONLY

AUTO-

Prefijo que, en el contexto de la TGS, expresa la idea según la cual los sistemas, una vez que reciben aportes de información o energía del entorno, pueden generar y mantener una actividad propia en virtud de sus peculiares características como tales. Ejemplos: autoorganización, automantenimiento, autoorientación, autodirección, autorregulación, etc.

Actividades propias son actividades que realiza el sistema en forma relativamente independiente del medio. En tal sentido, son llevadas a cabo tanto en sistemas cerrados como en sistemas abiertos, con las semejanzas y las diferencias que a continuación se detallan:

1) En sistemas cerrados, como por ejemplo un sistema cibernético (100), se verifican únicamente procesos de autorregulación, como el mecanismo homeostático (ver *Homeostasis* y *Retroalimentación*). Téngase presente que estos sistemas, si bien son designados como 'cerrados' por von Bertalanffy, por ser cerrados respecto de la energía o de la entropía, son en cambio abiertos desde el punto de vista de que a ellos ingresa información, y la información no siempre es energía (42). El mecanismo autorregulador se pone en marcha, entonces, cuando ingresa cierto tipo de información al sistema.

2) En sistemas abiertos, también se encuentran mecanismos de autorregulación (16), pero estos por sí solos no alcanzan a caracterizarlos. Los sistemas abiertos exhiben además, como características sui generis, la autorrestauración y el automantenimiento, la autoorientación, la autodirección, y/o la autoorganización y la autodiferenciación (ver también *Regulación*).

a) Autorrestauración y automantenimiento.- Mientras las máquinas artificiales cumplen una única función utilitaria para el hombre, los sistemas vivos están organizados para cumplir una función utilitaria 'para sí mismos', es decir, están organizados de tal forma que se mantienen y restauran a sí mismos (automantenimiento, autorrestauración), como por ejemplo mediante la homeostasis (80).

Las tendencias autorrestauradoras de los sistemas organísmicos estarían vinculadas al hecho de que la autorregulación resulta de la interacción entre muchos componentes, como sucede por caso en los embriones, a diferencia de las máquinas, donde hay conexiones causales circulares aisladas que sólo permiten regulaciones frente a perturbaciones muy limitadas. El organismo, en cambio, puede autorregularse para compensar perturbaciones 'arbitrarias', es decir para compensar un número indefinido de situaciones que no pudieran haber sido 'previstas' (26).

FOR AUTHOR USE ONLY

b) Autoorientación y autodirección.- Detrás de todos los términos con el mismo prefijo que se están enumerando subyace la idea de un mecanismo teleológico, orientado hacia un fin. En las expresiones autoorientación y autodirección se ve más claramente tal mecanismo, utilizadas ambas por von Bertalanffy cuando habla de sistemas y organismos que se autoorientan, o de personalidades que se autodirigen (15).
c) Autoorganización y autodiferenciación.- Los sistemas capaces de autodiferenciarse y autoorganizarse son los sistemas abiertos. Al evolucionar hacia grados crecientes de complejidad (entropía decreciente) son, por razones termodinámicas, sólo posibles como sistemas abiertos, a sea como sistemas que reciban del entorno materia portadora de energía libre en grado que sobrecompense el aumento de entropía debido a procesos irreversibles dentro del sistema (101) (ver *Entropía*). Esto es cierto tanto si se toma 'organización' como pasaje de un estado no organizado a otro organizado (del huevo cigota al organismo final), tanto si se toma como pasaje de un estado de 'mala' organización a un estado de 'buena' organización (del cerebro de un niño que lo lleva a tocar el fuego, al cerebro adulto que lo lleva a evitarlo) (100).
En este sentido, ninguna máquina artificial puede ser autoorganizadora salvo, según una postura de Ashby, que la máquina en cuestión reciba la influencia de algún agente externo, es decir, una máquina sería autoorganizadora sólo si está acoplada a otra máquina. Este concepto es aplicable, según von Bertalanffy, a los sistemas cibernéticos que reciben información, más no materia y energía, del medio circundante (100,101).

FOR AUTHOR USE ONLY

BERTALANFFY, LUDWIG VON

Biólogo austríaco, considerado el principal impulsor de la 'Teoría General de los Sistemas'. El concepto de 'sistema' es central en su pensamiento, y constituye para él no solamente el fundamento de la biología sino también el de

todas las otras ciencias, con lo cual todas ellas pueden quedar unificadas interdisciplinariamente.

Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) nació en Atzgersdorf (Austria). Comenzó estudiando biología y filosofía en Universidades europeas, doctorándose en 1926. En la década del '40 comienza a desarrollar una intensa actividad en América (Estados Unidos y Canadá) en los campos de la docencia y la investigación, interesándose en investigaciones filosóficas y estudios sobre comportamiento social. Sobre todo, desarrolló trabajos experimentales en biología, especialmente en fisiología celular y embriología.

Entre 1945 y 1950 publica algunos artículos que pueden ser considerados como un primer anuncio del paradigma sistémico y que, en el libro de edición española que se ha utilizado como referencia para este Diccionario, figuran en el capítulo 3. Su 'Teoría General de los Sistemas' se opuso enérgicamente al mecanicismo y al vitalismo, proponiendo en su lugar una 'concepción organísmica', como así también al reduccionismo, oponiéndole una visión perspectivista e interdisciplinaria de la ciencia.

Von Bertalanffy fue Director de investigaciones en el Hospital Mount Sinaí (Los Ángeles) de 1955 a 1958, desarrollando luego a partir de este último año labores docentes en diferentes Universidades en Kansas, Canadá, Buffalo y Chicago.

FOR AUTHOR USE ONLY

BIOLOGÍA

Ciencia que se ocupa del estudio de los seres vivos. La biología moderna ha ampliado y profundizado estos estudios al hacer hincapié en los seres vivos como organismos, vale decir, como sistemas abiertos que intercambian permanentemente materia y energía con el medio.

1. Hacia una definición del ser viviente.- La biología no dispone de una definición clara de vida. En sus comienzos, esta ciencia se limitaba a enumerar ciertas características que permitían distinguir al ser vivo del ser inanimado, tales como el crecimiento, la reproducción, el metabolismo, la irritabilidad, el movimiento, la complejidad y la adaptación. Hoy en día nuevas investigaciones, sobre todo en el área de la biofísica y la bioquímica, han destacado que las propiedades más sobresalientes del ser vivo son la capacidad de crecer (incluyendo su regeneración) y la de reproducirse, mientras que las restantes características antes citadas resultan secundarias en relación a las anteriores. Por ejemplo, una máquina creada por el hombre puede exhibir un cierto grado de adaptación, como el homeostato o la computadora autoprogramable (100), pero es incapaz de crecer y reproducirse. Von Bertalanffy insiste en que la persecución de metas en el sentido del mantenimiento, la producción y la reproducción de la totalidad orgánica, constituye un criterio general de vida (269).
Una forma viviente es, en esencia, un sistema complejo, altamente organizado, independiente, con estructura físico-química definida, capaz de utilizar la materia y la energía del medio ambiente por medio de cadenas integradas y autoestablecidas de reacciones físico-químicas, para poder así crecer y reproducirse (8-18).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Tres enfoques en biología.- En biología es posible encontrar, a lo largo de su historia, tres enfoques distintos y excluyentes: el vitalismo, el mecanicismo y el organicismo (o biología organísmica). a) El planteo mecanicista reduce el ser vivo a una suma de partes y procesos parciales: el organismo como agregado de células, el comportamiento como suma de reflejos condicionados y no condicionados, etc., y evita tratar problemas de organización de esas partes al servicio del mantenimiento del organismo, o problemas de regulación consecutiva a las perturbaciones, y otros que implicaban una visión más unificada y menos fragmentada del ser viviente (ver también *Mecanicismo*). b) El vitalismo encaró el problema del organismo como un todo, pero lo explicó por la influencia de ciertas entidades que, como ciertos factores

'animoides' y otras igualmente abstractas y metafísicas, acechaban a la célula o al organismo (ver también *Vitalismo*). c) Para el punto de vista organísmico, al cual adhiere la TGS, los organismos son totalidades organizadas irreductibles a la suma de sus partes componentes. La TGS los concibe, específicamente, como sistemas abiertos que tienden hacia un estado uniforme, y su comprensión bajo este nuevo punto de vista exigió una expansión de la físico-química, la cinética y la termodinámica clásicas (92). Si bien hubo notorios avances en biología molecular (por ejemplo a través del desciframiento del código genético), la biología no sólo debe ocuparse del nivel físico-químico o molecular, sino también de los niveles superiores de la organización viviente (4).

CAOS

La concepción mecanicista concibió al mundo como caos, es decir, como el resultado del movimiento ciego o azaroso de los átomos que generaron, con su multiplicidad, un orden y una regularidad de tipo estadístico. En oposición a este punto de vista, la TGS busca otro modo esencial de ver las cosas: el mundo como organización (15,196).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Concepto.- El término 'caos' sugerirá aquí la idea de desorden y azar. Para el mecanicismo, el mundo no tiene orden ni finalidad. Su enfoque determinista estricto se arraiga en la idea de que el universo resulta ser el producto de la acción de partículas anónimas que se mueven al azar, de modo desordenado, generando con su multiplicidad, un orden y una regularidad de naturaleza estadística, como en la física clásica y las leyes de los gases. Tal enfoque fue reforzado por los afanes analíticos de la cultura y el lenguaje típicos de Europa Occidental, que obligan a estudiar los fenómenos, aun los biológicos y psicológicos, como si estuvieran compuestos de partes o factores separados, discretos, que deben tratarse de aislar e identificar como causas potentes. De

aquí es de donde se deriva cierta preocupación por el estudio de la relación entre dos variables (15).

El método de la ciencia clásica era lo más apropiado para estos fenómenos que podían descomponerse en cadenas causales aisladas o que eran consecuencia estadística de un número 'infinito' de procesos aleatorios, como pasa con la mecánica estadística, el segundo principio de la termodinámica y todas las leyes que de él emanan (35).

El triunfo irrebatible de tales conceptos y métodos en física y astronomía, y luego en química, dio a la biología y la psicología su orientación preponderante: el juego sin concierto de los átomos generaba todos los fenómenos del mundo, inanimado, viviente y mental, no quedando lugar para ninguna direccionalidad o finalidad en los acontecimientos. El mundo de los organismos aparecía como producto del azar, amasado por el juego sin sentido de mutaciones azarosas y selección, y el mundo mental como un curioso epifenómeno bastante inconsecuente de los acontecimientos materiales (45, 196).

Si para el mecanicismo los fenómenos son una consecuencia estadística de un número infinito de procesos aleatorios, para la TGS, que propone al mundo como organización, no como caos, éste debe verse como una interacción entre un número grande, pero no infinito, de elementos o procesos. Aquí surgen los problemas circunscriptos por nociones como las de totalidad, organización, etc., inabordables según aquellos modos clásicos de pensamiento (35).

2. Teoría del caos.- La más actual llamada 'teoría del caos' o del 'efecto mariposa', apenas mencionada específicamente por von Bertalanffy, resulta ser otro intento humano por ordenar lo caótico. No es casualidad que tal teoría haya surgido en el seno de la meteorología: ¿hay algo más caótico e imprevisible que el clima? Edward Lorenz, meteorólogo, estaba convencido que tal caos era en realidad aparente, y que el hecho de que el aleteo de una mariposa en el Amazonas podía producir un huracán en Texas, no se debía a un proceso azaroso o accidental sino necesario y que, si

FOR AUTHOR USE ONLY

así parecía, era porque pequeñísimas variaciones en la condiciones iniciales (aleteo de la mariposa) generaban enormes cambios en las condiciones finales (huracán en Texas) con lo cual toda predicción se tornaba imposible y el fenómeno adquiría un aspecto de caos y aleatoriedad.
Estos desarrollos, surgidos a partir de la década del '60, son en realidad el reflotamiento de las ideas de Poincaré, que, entre otras cosas, decía en 1908: "Una causa muy pequeña, que se nos escapa, determina un efecto considerable que no podemos dejar de ver, y entonces decimos que tal efecto se debe al azar". Es lo que Mittasch, en 1948 y citado por von Bertalanffy (73), designaba como 'causalidad por instigación'.

3. Caos y sociedad.- Von Bertalanffy utiliza el vocablo 'caos' en un segundo sentido, cuando designa la amenaza que se cierne sobre el mundo, de persistir en el desconocimiento humano de las leyes de la sociedad humana. Se conocen bastante bien las fuerzas físicas, pero poco y nada las fuerzas sociales. Si se dispusiera de una ciencia de la sociedad humana bien desarrollada y de su correspondiente tecnología, que von Bertalanffy llama 'tecnología sociológica', habría según este autor un modo de escapar del caos y la destrucción que amenazan al mundo actual (52).

FOR AUTHOR USE ONLY

CATEGORÍA

Una categoría es un concepto o idea que permite organizar el conocimiento del mundo. Por ejemplo el espacio, el tiempo, la sustancia, la causalidad. Si bien von Bertalanffy no define explícitamente 'categoría', esta caracterización puede ser considerada fiel al sentido que este autor usa y menciona. Pueden señalarse tres posturas frente al problema de la determinación de las categorías: 1) la filosofía kantiana (las categorías son absolutas y universales); 2) la hipótesis de Whorf (las categorías son relativas y no universales), y 3) el planteo de von Bertalanffy,

denominado por él mismo 'perspectivismo', intermedio entre los dos anteriores.

1. Generalidades.- La idea de categoría tiene una larga tradición en la historia de la filosofía, que se remonta a Aristóteles. Lejos del propósito de hacer una cronología de su evolución, solamente se indicará que la categoría, entendida como un concepto útil para organizar el conocimiento de la realidad, tiene una gran semejanza con la idea de categoría en la filosofía kantiana.
Aunque Kant no lo llame así, el espacio es un ejemplo de categoría pues permite organizar las cosas en lugares (más arriba, más abajo, más lejos, más cerca, etc.), según cierto punto de referencia. Lo mismo sucede con la categoría causalidad, que permite relacionar los fenómenos en términos de causas y efectos, con lo cual se puede construir una imagen plausible del mundo.

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Determinación de las categorías.- Pero, ¿qué es lo que determina las categorías de la cognición humana? Para responder a esta pregunta, von Bertalanffy refiere tres posibles respuestas:
a) Kantismo.- Según la tesis del filósofo de Könisberg, tanto las llamadas formas de la intuición (espacio y tiempo), como las categorías del intelecto (sustancia, causalidad, etc.), se imponen universalmente a cualquier ser racional y son, por tanto, absolutas. Según esto la ciencia, basada en tales categorías, resulta igualmente universal, constituyendo así un sistema absoluto de conocimiento aplicable a cualquier fenómeno, así como a cualquier mente observadora (238).
Según von Bertalanffy, muchos ejemplos desmitifican esta tesis, como por ejemplo: a) el espacio euclidiano no es el único posible, habiendo también espacios no euclidianos, espacios multidimensionales en la física cuántica, etc. b) la materia sólida, la más trivial de las categorías de la física ingenua, consiste casi por entero en vacío salpicado de centros de energía. c) el determinismo como categoría tampoco es universal, en cuanto también existe, en la física cuántica, el indeterminismo.

b) Relativismo.- Un importante representante de esta solución es Benjamín Lee Whorf (1897-1941), quien sostiene básicamente un relativismo lingüístico: la estructura del lenguaje es quien determina los modos de pensar de la comunidad que habla dicho lenguaje. Son las pautas lingüísticas mismas, categorías mediante, las que determinan lo que un individuo percibe en el mundo y el modo cómo lo piensa u organiza.

Como tales pautas lingüísticas varían considerablemente según cada cultura, éstas tendrán visiones del mundo básicamente diferentes. Podría condensarse la hipótesis de Whorf en los siguientes términos: 'pensamos como hablamos'. Incidentalmente, cabe aclarar que von Bertalanffy (250) amplía la idea de Whorf al indicar que así como el lenguaje influye en nuestra visión del mundo, ésta última también influye sobre el primero, con lo cual también podría afirmarse que 'hablamos como pensamos'.

Von Bertalanffy da variados ejemplos tomados del mismo Whorf, siendo dos de ellos los siguientes. 1) En las lenguas indoeuropeas los sustantivos, adjetivos y verbos aparecen como unidades gramaticales básicas discernibles en la oración. Por ejemplo "relampagueó una luz". En cambio en ciertas lenguas indígenas de América, la oración no tiene partes discernibles, lo que lleva a pensar que aquellos indígenas tienden a ver los fenómenos del mundo como una unidad indivisa. Por ejemplo "relámpago". 2) Las categorías de espacio, tiempo y materia newtonianos, entre otros, son solamente 'recetas de nuestra cultura y nuestro lenguaje' que llevan a organizar el mundo desde una perspectiva mecanicista. Este modo de pensar es consecuencia del empleo de categorías y hábitos lingüísticos específicos (237).

c) Perspectivismo.- En la postura que asume von Bertalanffy, las categorías del conocimiento (tanto del cotidiano como del científico, que en última instancia es un afinamiento del primero) dependen, primero, de factores biológicos; segundo, de factores culturales; y tercero, y a pesar de esta 'maraña demasiado humana', es posible en cierto sentido el conocimiento absoluto, emancipado de las limitaciones humanas (239). Tal el planteo perspectivista, que se define con mayor precisión más adelante en este mismo artículo.

FOR AUTHOR USE ONLY

La cognición humana, así entendida, depende al menos de factores tanto biológicos como culturales, vale decir que von Bertalanffy sostiene un relativismo biológico y un relativismo cultural, aunque queda abierta la posibilidad de un conocimiento absoluto.

1) Relatividad biológica de las categorías.- La cognición depende, ante todo, de la organización psicofísica del hombre (239). El ejemplo prototípico en biología es la concepción de Jacob von Uexküll (1864-1944), quien sostiene que cualquier organismo recorta, de los muchos objetos que lo rodean, un número reducido de características a las cuales reacciona y cuyo conjunto forman su 'ambiente' (Unwelt), es decir, cada organismo categoriza su entorno de acuerdo a su organización psicofísica y su condición fisiológica (240), siendo esto último precisamente el determinante biológico de sus categorías.

Pueden citarse algunos ejemplos (240,243). a) Algunos erizos de mar responden a cualquier oscurecimiento ambiental apretando las espinas. Esta reacción es invariablemente aplicada cuando el ambiente se oscurece, sea porque pase un pez, su verdadero enemigo, sea porque pase un bote o una nube. Si cabe la expresión, ha 'categorizado' su mundo en dos partes: luminoso y oscuro. Otro animal en el mismo lugar físico lo hubiera organizado de manera distinta, porque es otra su constitución fisiológica. b) El tiempo es experimentado de distinta manera según cada especie (por ejemplo por tener diferentes sistemas nerviosos), y aun según cada individuo si presenta condiciones fisiológicas diferentes a otro de su misma especie. Por ejemplo, bajo la influencia de la mezcalina, las impresiones visuales se intensifican y la percepción del espacio y el tiempo experimenta cambios profundos. Asimismo, probablemente las 'categorías' de los esquizofrénicos sean considerablemente distintas a las normales, lo mismo que las categorías de la experiencia onírica. c) Aun la más fundamental categoría de experiencia, la distinción entre yo y no-yo, no es absolutamente fija, y parece evolucionar gradualmente en el desarrollo del niño porque van cambiando correlativamente sus condiciones psicofísicas. Y aun considerando solamente el adulto, la separación objeto-sujeto desaparece en la visión empática del

FOR AUTHOR USE ONLY

mundo del poeta, en el éxtasis místico y en los estados de embriaguez. Asimismo, la distinción entre yo y no-yo no es la misma en el pensamiento primitivo y en el pensamiento Occidental.

2) Relatividad cultural de las categorías.- Mientras Whorf había sostenido un relativismo lingüístico, von Bertalanffy extiende esta idea a toda la cultura (de la cual el lenguaje es sólo un aspecto), cuando sostiene que las categorías dependen de factores culturales (244).

Un primer ejemplo histórico aparece en el arte: las categorías de la creación artística parecen depende de cada cultura. Por ejemplo, la peculiar cultura de los japoneses los llevó a no pintar sombras ni expresar perspectivas en sus pinturas, mientras que la cultura occidental sí. La particular creación japonesa no obedece a una falta de habilidad o de recursos para reflejar la realidad en un lienzo, sino a la posesión de una cultura diferente que nos llevaba a 'categorizar' el mundo de manera distinta.

Spengler extendió esta tesis sobre las categorías artísticas hasta incluir las categorías cognoscitivas. Sostuvo que, además de ciertas categorías universales como las de la lógica, había otro grupo de categorías que eran consideradas universales y necesarias pero sólo por para una determinada civilización, y no para otra. Cada civilización, cada cultura tiene así su propio 'estilo de cognición'. Las fórmulas matemáticas como tales son portadoras de necesidad lógica, pero su interpretación es una expresión del 'alma' de la civilización que las creó.

Del mismo modo (248), la mesa es para el físico un agregado de electrones, para el químico un revoltijo de compuestos orgánicos, para el biólogo un complejo de células leñosas, para el historiador del arte un objeto barroco, para el economista un bien con determinado valor monetario, etc.

3) Posibilidad de un conocimiento absoluto.- Si bien hay una relatividad biológica y cultural de las categorías, hay ciertos límites para dicha relatividad. Esta tesis de von Bertalanffy, denominada por él mismo 'perspectivismo', puede sintetizarse en cuatro puntos básicos (261): 1. Las categorías de nuestra experiencia y pensamiento parecen estar determinadas por factores biológicos y

FOR AUTHOR USE ONLY

culturales. 2. Esta vinculación con esos factores es vencida mediante un proceso de desantropomorfización progresiva de nuestra imagen del mundo. 3. Aun desantropomorfizado, el conocimiento sólo refleja ciertos aspectos o facetas de la realidad. 4. Cada aspecto tiene verdad, pero relativa, lo que indica tanto la limitación como la dignidad del conocimiento humano.

Si bien en un comienzo las categorías del conocimiento se hallan muy dependientes de los factores naturales y culturales, von Bertalanffy indica que una ojeada a la historia de la ciencia revela que el hombre tiene una tendencia a desprenderse de estos condicionamientos biológicos y culturales o, para utilizar sus propios términos, a desantropomorfizarse, con lo cual quiere indicar un desprendimiento de aquellas limitaciones intrínsecas a su condición humana.

Esta progresiva desantropomorfización se realiza siguiendo tres líneas principales (254): 1. A partir de experiencias sensoriales con la luz o el sonido, el físico abstrae campos como la óptica o la acústica, pero pronto estos se funden entre sí trascendiendo lo 'visualizable' o 'intuible', como por ejemplo cuando se unen la óptica y la electricidad en la teoría electromagnética. Esta evolución está ligada a la invención de instrumentos que amplifiquen los sentidos y que puedan registrar o medir con mayor precisión lo observado. 2. Un segundo aspecto es la progresiva convergencia de la investigación, que es lo que ocurre cuando observadores distintos con métodos diferentes llegan aproximadamente a los mismos resultados. Por ejemplo, la coincidencia aproximada en la determinación del equivalente mecánico del calor. Los diferentes métodos, en cuanto convergen en los mismos resultados y en aproximaciones cada vez más precisas, ya no pueden concebirse más como simples convenciones para describir fenómenos con economía: representan determinados aspectos de la realidad independientes de sesgos biológicos, teóricos o culturales. 3. Un tercer aspecto es la progresiva transformación de cualidades sensoriales en relaciones puramente matemáticas. Muchos han criticado la teoría de la relatividad o la mecánica cuántica por ser especulaciones 'invisualizables', pero esta característica es

FOR AUTHOR USE ONLY

precisamente la prueba de cómo el científico va despojándose poco a poco de las ataduras de la experiencia sensorial humana, es decir, de cómo va desantropomorfizándose. Es así que, aun cuando los hombres tienen diferentes bases culturales y entonces producirían categorías diferentes para organizar el mundo, hay indicios de una especie de unificación de las categorías, que quedarían así desligadas de su dependencia de los factores culturales.

Sin embargo, aun desantropomorfizándose, el pensamiento sólo puede reflejar algunos aspectos de la realidad, no todos. Así por ejemplo, existe una tendencia humana presumiblemente universal (Lévi-Strauss sostenía años antes de von Bertalanffy una opinión semejante) a categorizar el mundo en términos de opuestos, en forma similar a la concepción heraclítea. Pero también, sugiere von Bertalanffy (260), es una tendencia universal el buscar una síntesis de opuestos intentando tener una visión más totalizadora de la realidad. Tal lo que pasó con la física relativista que buscó superar las oposiciones quietud-movimiento, espacio-tiempo y materia-energía.

Von Bertalanffy opone el perspectivismo al reduccionismo (49, 259), en la medida que mientras la primera tesis dice que la realidad puede verse desde distintas perspectivas, teniendo cada una de ellas el carácter de verdad relativa, la segunda sostiene que todas esas perspectivas pueden reducirse a una sola (por ejemplo y especialmente la descrita por la física), que así se adscribiría el carácter de verdad absoluta.

3. Perspectivismo y TGS.- Finalmente, cabría preguntarse por qué von Bertalanffy dedica todo un capítulo de su obra al tema de las categorías, tal como aquí se ha expuesto. Si bien no hay una referencia explícita del autor al respecto, cabe entender que, mediante su postura perspectivista (ver *Perspectivismo*), von Bertalanffy intenta justificar la posibilidad de extender la categoría de 'sistema' a todas las disciplinas científicas, pero no al modo reduccionista sino al modo perspectivista, esto es, encarando una empresa que forma parte de la progresiva desantropomorfización

FOR AUTHOR USE ONLY

que debe cumplir todo emprendimiento científico. Von Bertalanffy parece indicar esta intención cuando dice (88) que la TGS reemplazaría la 'teoría de las categorías' de N. Hartmann, por un sistema exacto de leyes lógico-matemáticas. O también, cuando en (96) dice que, si se quiere superar la estrechez de la posición mecanicista, deberán introducirse nuevas 'categorías' en el pensamiento y la investigación científica, tales como las de interacción multivariable, la organización, el automantenimiento, etc. propias, en este caso, de los sistemas vivos.

CAUSALIDAD

Supuesto mecanicista según el cual los fenómenos del mundo mantienen entre sí vínculos de causa-efecto (45). Clásicamente, cabe aclarar, un fenómeno es causa cuando es condición necesaria y suficiente para que ocurra otro fenómeno, llamado efecto.

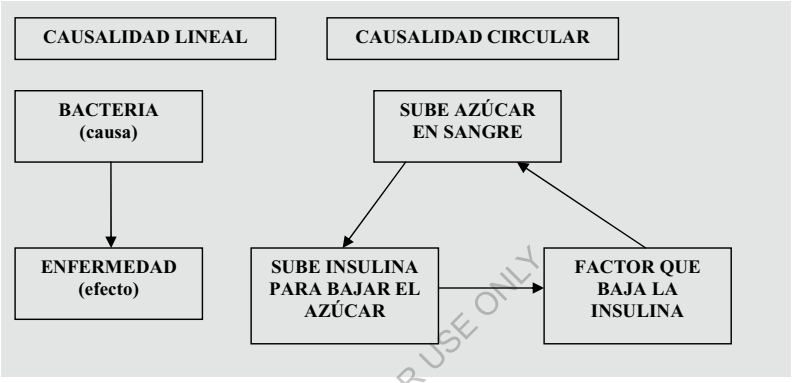
FOR AUTHOR USE ONLY

1. Un concepto clásico.- Según el mecanicismo de la física clásica, las leyes inexorables de la causalidad regían todos los fenómenos del mundo, inanimado, viviente y mental. Al no quedar lugar para ninguna direccionalidad, orden o 'telos', el mundo de los organismos aparecía como producto del azar y del juego sin sentido de mutaciones azarosas y la selección natural.
Ejemplos: en la mecánica newtoniana el sol atrae a los planetas, en biología un gen es causa de un carácter heredado, o una clase de bacteria produce cierta enfermedad, en psicología los elementos mentales están vinculados por leyes de asociación.

2. Tipos de causalidad.- Von Bertalanffy menciona dos criterios distintos para clasificar los vínculos causales.
a) Según un primer criterio, la causalidad abarca dos tipos: lineal o unidireccional (45, 169), y circular (169), aunque la distinción entre ambas parece no revestir mucha importancia para el autor. En efecto, las líneas causales dentro de un sistema de

retroalimentación son lineales y unidireccionales. El esquema básico de retroalimentación (por ejemplo la regulación homeostática de la concentración de azúcar en la sangre) sigue siendo el clásico esquema estímulo-respuesta (E-R), sólo que el bucle de retroalimentación hace que la causalidad se convierta en circular (ver esquema).

Ejemplos de causalidad lineal y circular



FOR AUTHOR USE ONLY

b) Según un segundo criterio, existe una causalidad de 'conservación' y una causalidad de 'instigación' (73). En la causalidad de conservación, la causa y el efecto son cuantitativamente proporcionales: un gran terremoto produce devastadores efectos, es decir, los efectos son razonablemente proporcionados con la intensidad de la causa. En cambio, en la causalidad por instigación, causas insignificantes que, actuando a modo de disparadores, detonantes o agentes instigadores, producen efectos considerables. Un ejemplo típico es el efecto mariposa en meteorología: el aleteo de una mariposa en un extremo del mundo, provocará un gigantesco huracán en la otra parte. Más generalmente, la causalidad por instigación es aquella donde un cambio energéticamente insignificante en una parte, provoca un cambio considerable en el sistema total.

Von Bertalanffy se refiere a la causalidad por instigación a propósito del problema de la centralización, una de las propiedades formales de todo sistema (ver *Centralización*). En la centralización,

una parte del sistema se constituye en parte conductora del todo, de forma tal que, de ocurrir pequeños cambios en esas partes conductoras, los efectos en el sistema se verán muy amplificados. Existen ecuaciones que permiten describir formalmente el mecanismo de la causalidad por instigación.

3. Críticas.- El esquema de la causalidad unidireccional ha resultado insuficiente, y de aquí que la ciencia moderna lo haya sustituido por nociones como totalidad, holismo, organismo, gestalt, etc., que se refieren a elementos en mutua interacción (45). Si bien no lo admite explícitamente, cabe suponer que von Bertalanffy aceptaría sólo la causalidad circular en la medida que implica la idea de interacción mutua.

FOR AUTHOR USE ONLY

CENTRALIZACIÓN

Propiedad formal de los sistemas según la cual, a medida que estos evolucionan, ciertas partes empiezan a constituirse en 'partes conductoras' que dirigirán las funciones de las restantes, que quedan subordinadas a aquellas. La centralización progresiva, que resulta particularmente importante en el caso de los sistemas vivos, constituye al mismo tiempo un proceso de individualización progresiva (ver *Individuo/Individualización*).

La mecanización conduce a menudo al establecimiento de partes conductoras, esto es, de componentes que dominan la conducta del sistema. Tales centros pueden ejercer un papel de 'disparadores amplificantes', es decir, una pequeña modificación en dichos centros ocasiona grandes cambios en el sistema total (223). Lo esperable sería que pequeños cambios en la parte conductora produjesen también pequeños cambios en el sistema (es lo que se llama 'causalidad de conservación'), pero lo que suele ocurrir en la realidad es que pequeños cambios conducen a grandes cambios (es lo que se denomina 'causalidad de instigación'): un cambio

energéticamente insignificante en la parte conductora provoca un cambio considerable en el sistema total (73).
Si bien cabe hablar de una centralización en sistemas físicos no vivientes (un átomo con el núcleo como centro, el sistema solar con el sol como centro), von Bertalanffy hace hincapié en la centralización progresiva en la evolución de los sistemas biológicos.
En estos, la centralización va progresando desde un comportamiento del sistema resultante de las interacciones de partes equipotenciales, hasta otro donde se verifica a subordinación a partes dominantes. En embriología, tales partes conductoras se llaman 'organizadores' (74).
El concepto de centralización está estrechamente enlazado al de individualización, toda vez que un individuo es concebido por von Bertalanffy como un sistema centrado (75): a medida que en el sistema vivo van adquiriendo predominio ciertas partes conductoras, el sistema vuelve a tener mayores posibilidades de comportarse como una unidad, es decir, de constituirse en individuo. Se emplea el término 'vuelve' porque antes de la centralización y aun antes de la mecanización (por ejemplo en el estado de huevo cigota), el sistema ya funcionaba como una unidad, pero indiferenciada.

FOR AUTHOR USE ONLY

CIBERNÉTICA

Teoría de los sistemas de control basada en la transferencia de información entre sistema y medio circundante, y, dentro del sistema, en el control del mismo por retroalimentación en consideración al medio (20). Su creador, Norbert Wiener, la dio a conocer en 1948.

1. *Definición*.- Norbert Wiener (1894-1964) creó la cibernética como una nueva disciplina para tratar una gran variedad de fenómenos de la naturaleza viviente y de los sistemas tecnológicos que utilizan concretamente el mecanismo de la retroalimentación. La teoría

aspira a mostrar qué mecanismos retroalimentadores fundan el comportamiento teleológico o intencionado de las máquinas construidas por el hombre, así como el de los seres vivos y los sistemas sociales (44), para luego, en base a este conocimiento, poder controlar aquellas máquinas y esos seres vivos y sistemas sociales. Podría entonces considerarse a la cibernética como la ciencia del control por retroalimentación (o por feed-back). Precisamente la etimología del término 'cibernética' remite a 'kubernetes', que significa timonel, es decir individuo que controla el rumbo de un proceso. La cibernética (93), basada en el principio de retroalimentación o de líneas causales circulares, es un enfoque sistémico que proporciona mecanismos para la persecución de metas y el comportamiento autocontrolado.

2. Un ejemplo paradigmático.- Durante la Segunda Guerra Mundial se había agudizado el problema del tiro antiaéreo sobre un blanco móvil. En otras palabras, la cuestión era cómo podía ir moviéndose adecuadamente un cañón para dispararle nada menos que a un avión en movimiento. Si lo hacía un hombre manualmente, sus probabilidades de derribar el blanco eran escasas, dada su poca velocidad de reflejos en comparación con la rapidez del avión, y su poca velocidad de pensamiento para hacer los cálculos correspondientes de las trayectorias del avión y la bala.

FOR AUTHOR USE ONLY

Se hizo necesario entonces construir dispositivos automáticos, es decir que se autorregularan solos y con gran velocidad: pasado un instante breve de tiempo el avión, al moverse, ya cambiaba de posición y había que cambiar la dirección del cañón. El dispositivo autorregulado, por ejemplo, permitía mediante cálculos precisos y automáticos adelantar el cañón sobre la marcha para derribar el blanco en el lugar y en el instante preciso. Tal dispositivo funcionaba entonces mediante una retroalimentación eficaz.

Otros ejemplos de dispositivos tecnológicos con este tipo de autorregulación son por ejemplo los termostatos, que van corrigiendo sobre la marcha la cantidad de calor entregada al medio en función de la temperatura de este último (si hay mucha temperatura bajan el calor, y si hay poca lo suben). La importancia

de estos sistemas de retroalimentación reside tal vez en que sus principios valen tanto para los sistemas artificiales creados por el hombre como también para los sistemas físicos, biológicos, económicos y sociales, a pesar de ser muy diversos en cuanto a estructuras y contenidos. La cibernética, ha dicho Wiener, es 'el secreto de la vida', es una llave que permite pasar del caos a los sistemas, artificiales o naturales, mediante una organización que les posibilita comportamientos orientados hacia un propósito.
En todo sistema retroalimentado la información es fundamental, ya que el mecanismo funciona bien si está la información correcta en el momento oportuno. Esa información debe captarse mediante ciertos sensores como los radares (en el tiro antiaéreo) o los termómetros (en el caso del termostato); luego debe realimentarse hacia los centros de control donde será procesada con el fin de dar una respuesta, orden o señal que permitirá corregir el proceso sobre la marcha.

FOR AUTHOR USE ONLY

3. Reseña histórica.- Antes del surgimiento oficial de la cibernética con Wiener en 1948, ya investigadores como Wagner aplicaban el principio de la retroalimentación a los procesos fisiológicos. Desde entonces, fue aplicado a innumerables fenómenos biológicos y, algo menos persuasivamente, en psicología y ciencias sociales (105).
Llega 1948 y el matemático Norbert Wiener, estimulado por el problema del tiro antiaéreo y por el fenómeno de retroalimentación en los seres vivos, y utilizando sus conocimientos sobre teoría matemática del azar, junto con el fisiólogo A. Rosenblueth produce la obra "Cibernética o el control y la comunicación en el animal y en la máquina", donde acuña el término en cuestión. Desde entonces, la obra será la principal referencia filosófica y científica de la cibernética.
Andando el tiempo, nuevas investigaciones sugirieron la necesidad de distinguir entre una Primera Cibernética (correspondiente al planteo original de Wiener) y una Segunda Cibernética, encargándose la primera del estudio de la retroalimentación negativa, y la segunda de la retroalimentación positiva.

Los circuitos de retroalimentación negativa neutralizan las desviaciones, y por ello se llaman también morfoestáticos. Por ejemplo: dos personas que discuten y poco a poco van calmando los ánimos para retornar al equilibrio original. Los circuitos de retroalimentación positiva, en cambio, amplifican las desviaciones, y por ello se llaman también morfogenéticos. Por ejemplo: dos personas discuten cada vez más, con lo que la situación se va alejando del equilibrio original, amplificándose las diferencias. Afortunadamente el proceso no continúa indefinidamente porque en la realidad, los bucles amplificadores siempre están articulados con bucles neutralizadores de la desviación.

4. Relación de la cibernética con la TGS.- La cibernética es uno de los varios enfoques de sistemas posibles, es decir, como teoría de los mecanismos de control fundada en los conceptos de información y retroalimentación, es sólo una parte de la TGS. Pueden resumirse algunas diferencias:

a) Los sistemas cibernéticos son un caso especial -por importantes que sean- de los sistemas que exhiben autorregulación (16), y se refieren específicamente a las regulaciones secundarias (156, 170), es decir, regulaciones basadas en mecanismos preestablecidos y caminos fijos, como el control neurohormonal (ver *Regulación*).

La cibernética concibe al sistema como una 'caja negra' definida sólo por entradas y salidas, permaneciendo el genuino mecanismo regulador desconocido (20). La TGS tiene una visión más amplia, ya que además investiga estos íntimos mecanismos reguladores, llamados regulaciones primarias (ver *Regulación*).

b) Mientras la TGS trata de sistemas cerrados y abiertos, la cibernética trata sólo de sistemas cerrados, ya que un sistema de retroalimentación es cerrado termodinámica y cinéticamente (156). Desde ya, al estudiar sistemas cerrados considerará también las características propias de este tipo de sistemas, como por ejemplo la idea de que en ellos la información sólo puede disminuir, nunca aumentar como en los sistemas abiertos, y la idea de que en ellos se puede alcanzar un grado superior de organización pero sólo

FOR AUTHOR USE ONLY

'reactivamente' (por aprendizaje), no 'activamente' como en los sistemas abiertos (156).

CIENCIA

Cuerpo organizado de conocimientos sobre sectores específicos de la realidad, susceptibles de ser verificados empíricamente. El vocablo designa también la actividad humana que construye, verifica y aplica este tipo de conocimiento. La TGS aspira a unificar las diversas disciplinas científicas sobre la base del descubrimiento de isomorfismos y del fomento de las actitudes interdisciplinarias.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Clasificación de las ciencias.- Existen innumerables clasificaciones de las ciencias. En el presente apartado se consideran aquellas que pueden tener mayor relevancia en un contexto sistémico.

a) Entre las clasificaciones más habituales de las ciencias, se cuenta aquella que las divide en ciencias formales (matemática, lógica) y ciencias fácticas o empíricas (física, química, biología, psicología, sociología, etc.). Las primeras estudian entidades ideales (números, relaciones lógicas), y las segundas estudian hechos (reacciones químicas, seres vivos, conductas, etc.). Sin embargo, hoy en día tiende a predominar la idea de que las ciencias formales no son en sí mismas ciencias porque no se proponen dar explicaciones de los hechos, sino que constituyen herramientas o instrumentos de las ciencias propiamente dichas, las fácticas. Así, un físico o un biólogo hace razonamientos (la lógica es la herramienta), o expresa sus leyes en términos numéricos (la matemática es la herramienta). Tal planteo puede ser denominado concepción instrumentalista de las ciencias formales, y adscriben a ella autores como von Bertalanffy (37), cuando afirman que la disciplina lógico-matemática es puramente formal en sí misma pero aplicable a las varias ciencias empíricas. Este autor

asigna el mismo status a su TGS, al sostener que, en forma elaborada, no es más que una disciplina puramente formal, de naturaleza lógico-matemática pero aplicable a los dominios fácticos.

b) Si se circunscriben las ciencias exclusivamente a las ciencias fácticas, estas pueden ser a su vez clasificadas en dos grandes grupos: las ciencias naturales (física, química, biología, etc.) y las ciencias sociales (psicología, sociología, historia, antropología, lingüística, etc.). La diferencia entre ambas concierne a la distinción entre naturaleza y cultura, entendiendo por esta última, en general, como todo aquello que produce el hombre con alguna finalidad. Las ciencias naturales estudian hechos y situaciones que ocurren en la naturaleza sin que sea necesario para ello la intervención humana, mientras que las ciencias sociales estudian los fenómenos culturales, producidos específicamente por el hombre. Un jarrón chino es al mismo tiempo un objeto natural por estar constituido por átomos y moléculas, y es un objeto cultural por estar fabricado por el hombre, y lo mismo puede decirse de muchas otras cosas como el comportamiento, que tiene una base biológica pero es al mismo tiempo algo que el hombre produce o genera. Von Bertalanffy utiliza este tipo de clasificación de las ciencias (6, 204), así como también menciona los dos siguientes.

FOR AUTHOR USE ONLY

c) Suelen también diferenciarse las ciencias nomotéticas ('nomos' significa ley) de las ciencias idiográficas. Las primeras buscan establecer leyes basadas en el hecho de que los acontecimientos naturales son repetibles y recurrentes. Todos los fenómenos de caída de objetos pueden ser muy diversos entre sí, pero todos quedan subsumidos (incluidos) dentro de la ley de la gravitación universal. Si las ciencias nomotéticas pueden asimilarse a las ciencias naturales de la clasificación anterior, las ciencias idiográficas se asimilan mas bien a las ciencias sociales, especialmente a la historia. Hay historiadores, en efecto, que conciben al hecho histórico como único e irrepetible, y por lo tanto tiene su propia y particular explicación, no pudiendo todos ellos ser explicados mediante leyes generales. Para estos historiadores la ciencia es una narración descriptiva de una serie de

acontecimientos que, al tener cada uno su propia explicación, se encuentran desconectados entre sí en cuanto a que no hay leyes que permiten explicar el conjunto. Von Bertalanffy no comparte este punto de vista (207-208), por cuanto para él el proceso histórico no es completamente accidental sino que sigue regularidades o leyes que pueden ser determinadas, coincidiendo en este sentido con varios otros historiadores como Hegel, Marx, Spengler, Toynbee, etc. Pero, a diferencia de estos, propondrá una 'historia teórica' basada en los planteos de la TGS.

En suma, von Bertalanffy considerará 'ciencia' a toda empresa nomotética, es decir, no como descripción de singularidades sino como ordenación de hechos y elaboración de generalidades (204).

d) La ciencia puede también clasificarse como ciencia pura o básica, y ciencia aplicada o tecnología. La primera se ocupa del descubrimiento de nuevos hechos, y de la invención y verificación de hipótesis y teorías, siendo su propósito primordial la explicación de los acontecimientos del mundo más allá de si pueden o no tener una aplicación práctica inmediata. La tecnología, en cambio, se preocupa especialmente por aplicar los conocimientos así obtenidos a la realidad, con el fin de controlarla y transformarla, sea con fines bélicos o pacíficos, y según uno u otro parámetro ético. Indica von Bertalanffy (52) que se conocen demasiado bien las fuerzas físicas, las biológicas medianamente, y las sociales en absoluto, con lo cual las correspondientes tecnologías están muy desarrolladas en la física, medianamente en la biología y nada en la sociología. Si dispusiéramos de una ciencia básica de la sociedad humana bien desarrollada y de su correspondiente tecnología, del pensamiento de von Bertalanffy se puede inferir que todas las otras tecnologías podrían direccionarse hacia una ética del respeto y solidaridad, ya que, se supone, un conocimiento de la naturaleza social del hombre podrían develarnos los secretos de su comportamiento violento.

Cada ciencia básica tiene su correspondiente ciencia aplicada: la biología corresponde por ejemplo a la medicina, la física a la ingeniería, etc. Asimismo, campos de aplicación de la biología y la

FOR AUTHOR USE ONLY

psicología son por ejemplo la psiquiatría, de la química la merceología, etc.

e) Históricamente, von Bertalanffy distingue una ciencia clásica y una ciencia moderna. Las primeras carecen de un enfoque sistémico, y las segundas los han incorporado. La ciencia clásica es esencialmente analítica (7 y 8): resuelve los fenómenos en encadenamientos causales aislables, emprende la búsqueda de unidades 'atómicas' en los varios campos de la ciencia, etc. Estos principios clásicos, que vienen enunciándose desde Galileo y Descartes, han tenido éxito en variados campos de fenómenos, pero advierte von Bertalanffy que la aplicación de estos procedimientos analíticos exige dos condiciones: a) no deben existir interacciones entre las partes, o bien que sean tan débiles como para no considerarlas en las investigaciones. Sólo con esta condición se pueden aislar las partes (real, lógica y matemáticamente) y luego volverlas a juntar. b) las relaciones entre las partes deben ser lineales; sólo así queda satisfecha la condición de la aditividad, en el sentido de que los procesos parciales pueden sumarse entre sí para obtener y explicar el proceso total.

La ciencia moderna no es analítica en el sentido anterior, sino sistémica, porque ninguna de las dos condiciones mencionadas las cumplen las entidades llamadas 'sistemas': las interacciones entre las partes no son despreciables sino fundamentales, y la simple suma de las partes no explican el comportamiento del todo. Sin embargo, en la ciencia moderna (30) subsiste aún la excesiva especialización que hace que el físico, el biólogo, el psicólogo y el científico social estén encapsulados en universos privados, sin posibilidad de una comunicación fecunda entre esos compartimientos, por estudiar 'cosas diferentes'. Precisamente, señala von Bertalanffy, la adopción del punto de vista de la TGS permitirá la unificación de las ciencias a partir de un lenguaje y de un conjunto de ideas en común, tal como la idea de sistema, lo cual nos lleva al problema de la unidad de la ciencia.

2. Unidad de la ciencia.- Para von Bertalanffy (49), la unificación de las ciencias no pasa por una solución reduccionista, donde se

FOR AUTHOR'S ONLY

reducen todos los niveles de la realidad al nivel físico (y por ende todas las ciencias a la física), sino por una solución más realista que implica unificar las ciencias sobre la base de un isomorfismo de las leyes en las diferentes ciencias particulares (ver *Isomorfismo* y *Perspectivismo*). Así, el hecho de que ciertos principios se apliquen a los sistemas en general sin importar la naturaleza de los mismos ni las entidades que se trate, explica que aparezcan en diferentes campos de la ciencia concepciones y leyes que se corresponden, provocando el notable paralelismo que hay en su desarrollo moderno (89, 270), así como la tendencia cada vez más creciente hacia las investigaciones interdisciplinarias.

CIENCIA DE LOS SISTEMAS

1) La ciencia de los sistemas se ocupa de la exploración y la explicación científicas de los 'sistemas' de las varias ciencias (física, química, biología, ciencias sociales...), mediante los principios de la TGS en sentido amplio como doctrina aplicable a todos los sistemas (XIII). 2) La ciencia de los sistemas constituye el correlato en ciencia aplicada de la TGS en sentido amplio, teniendo esta última en cambio, el carácter de ciencia básica (94).

CO-AUTHOR USE ONLY

Von Bertalanffy asigna dos sentidos a la expresión 'ciencia de los sistemas'. La primera hace hincapié en el estudio de los sistemas naturales, y la segunda en la construcción y aplicación de los sistemas creados por el hombre (máquinas).

1) Desde el primer punto de vista (XIII-XIV), la Ciencia de los sistemas es uno de los tres aspectos principales de TGS en sentido amplio, junto a la Tecnología de los sistemas y la Filosofía de los Sistemas (ver *Teoría general de los sistemas*). Su objetivo es explorar los numerosos sistemas del universo observado, basándose en los principios generales de la TGS, vale decir, los diferentes sistemas que aparecen en las ciencias particulares como la biología, la psicología, etc., para lo cual no sólo examina las

propiedades generales y comunes de todos los sistemas (isomorfismo) sino también explora las especificidades propias de cada tipo de sistema en particular.

El desarrollo de la ciencia de los sistemas, en cualquiera de los dos sentidos de esta expresión, está emparentado con el desarrollo de los diferentes enfoques de sistemas (ver *Enfoques de sistemas*).

2) Desde el segundo punto de vista, la Ciencia de los sistemas se ocupa sobre todo, aunque no únicamente, de la aplicación práctica de los principios generales de la TGS a la construcción y manejo de sistemas artificiales (94). Desde esta perspectiva, la ciencia de los sistemas incluye los siguientes campos:

a) Ingeniería de sistemas.- Se ocupa de la concepción, planeamiento, evaluación y construcción científicos de sistemas hombre-máquina. A tal efecto recurre a la cibernética, a la teoría de la información y a la TGS en sentido estricto.

b) Investigación de operaciones.- Se ocupa del control científico de sistemas existentes de hombres, máquinas, materiales, dinero, etc., y utiliza instrumentos como la programación lineal y la teoría de los juegos. El interés de la investigación de operaciones reside, al igual que en el caso de la ingeniería de sistemas (108), en que pueden analizarse entidades cuyos componentes son de los más heterogéneos, como hombres, máquinas, edificios, valores monetarios, insumos de materia prima, salida de productos, etc.

c) Ingeniería humana.- Estudia la adaptación científica de sistemas, y especialmente máquinas, con objeto de obtener una máxima eficiencia con un mínimo costo. Así, se ocupa de las capacidades, limitaciones fisiológicas y variabilidad de los seres humanos, e incluye en su arsenal biomecánica, ingeniería psicológica, factores humanos, etc.

FOR AUTHOR USE ONLY

COMPETENCIA

Propiedad formal de los sistemas según la cual sus elementos componentes procuran captar para sí los recursos disponibles a expensas o en detrimento de los

otros componentes. La idea de vincula con expresiones tales como 'lucha por la existencia', 'lucha entre partes', etc., y en última instancia revelan la estructura de la realidad como 'coincidentia oppositorum' (67,68).

La competencia es observable en diferentes tipos de sistemas abiertos:

1) Dentro del organismo viviente, se establece una competencia entre sus diversos órganos por los recursos disponibles en el mismo. Esto determinará el fenómeno del crecimiento relativo, es decir, el hecho de que los diversos órganos crezcan con diferentes ritmos (154). Si un órgano cualquiera recibe una mayor participación energética crecerá más rápido que otro, que habrá recibido una menor participación de la energía ingresada al organismo, con lo cual ambos crecerán a ritmos diferentes (67).

Los ritmos relativos de crecimiento guardan una razón constante durante la vida, o durante cierto ciclo vital, expresable matemáticamente mediante ecuaciones alométricas (66).

2) La situación se complica si se consideran interacciones entre las partes del sistema, como ocurre típicamente en dos casos: a) cuando dos especies luchan entre sí por los mismos recursos, en cuyo caso esta competencia desemboca en el exterminio de la especie con menor capacidad de crecimiento; b) cuando una especie predadora y su presa interactúan entre sí, competencia que es menos fatal que la anterior ya que el proceso no termina cuando una es aniquilada sino que conduce a una oscilación periódica en la cantidad de individuos de cada una, en torno a un valor medio. Estos fenómenos pueden analizarse cuantitativamente mediante las ecuaciones de Volterra (67, 107).

Hay aún otros ejemplos, como el estudio desde el punto de vista de la competencia de las poblaciones de peces, a los efectos de determinar en qué época es mejor pescar porque habrá más peces, o también el estudio de la carrera armamentista entre naciones (108).

Finalmente, y como punto de interés mas bien filosófico, puede parecer paradójico el hecho de que, si los sistemas constituyen

FOR AUTHOR USE ONLY

totalidades o unidades, pueda haber oposiciones y competencia entre sus partes. Para von Bertalanffy no hay tal paradoja, siendo la competencia una expresión más de la organización de los sistemas y, en última instancia, de la estructura de la realidad (68).

COMPORTAMIENTO

Aunque no establece explícitamente una definición de este término, von Bertalanffy menciona una serie de teorías alternativas sobre el comportamiento de sistemas, máquinas, etc., pero especialmente de animales, hombres y masas. Establece algunas diferencias entre dichas teorías y entre esos tipos de comportamiento, y en última instancia propondrá una teoría unificada de la conducta humana, fundada sobre los principios de la TGS.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Teorías del comportamiento.- La tendencia dominante en el texto de von Bertalanffy es la de dividir estas teorías en dos grupos principales. Primero, aquellas que no son encuadrables dentro del paradigma sistémico y que fueron superadas por éste, y que el autor engloba bajo la denominación de teorías del robot, o teorías del hombre-robot, Segundo, las teorías sistémicas.

a) Teoría del robot.- Este modelo explica la conducta mediante el esquema mecanicista E-R (estímulo-respuesta). El condicionamiento, de acuerdo con lo experimentado con animales, aparece como el fundamento de la conducta humana (4). Las teorías del hombre-robot suelen fundarse en cuatro principios: estímulo-respuesta, ambientalismo, economía y equilibrio (ver los respectivos artículos). Sumariamente (219), estas teorías consideran como esquema básico y universal del comportamiento la respuesta a estímulos, la reducción de tensiones, el restablecimiento de un equilibrio perturbado por factores externos, y el ajuste al medio.

El modelo del hombre como robot ha sido inherente a todos los campos de la psicología y la psicopatología, y engloba teorías a

veces hasta antagónicas entre sí: la teoría E-R del comportamiento, la teoría cognoscitiva que ha sido llamada el "dogma de la inmaculada percepción", teorías del aprendizaje (pavlovianas, skinnerianas, etc.), conductismo, psicoanálisis, el modelo cibernético en neurofisiología y psicología (es decir, la concepción del cerebro como una computadora), etc. El modelo del hombre-robot fue la expresión y la fuerza impulsora de una sociedad mecanizada y comercializada que ayudó a hacer de la psicología la sirvienta de intereses pecuniarios y políticos. La meta de la psicología manipuladora buscaba hacer de los humanos individuos lo más parecidos a robots o autómatas, lo que se conseguía mediante aprendizaje mecanizado, técnicas de propaganda, investigación de motivaciones y lavado de cerebro.

Si bien estas teorías describen correctamente buena parte de la conducta humana, se convierten en espurias en cuanto pretenden constituirse en la 'única' explicación para la misma. Además, dejan de lado una amplia gama de comportamientos que, desde aquel modelo estrecho, no pueden ser explicados adecuadamente (200).

Para el modelo del robot, el hombre es un ser ante todo reactivo: sus conductas son el producto de determinada estimulación, y tal concepción dominó casi toda la psicología norteamericana de la primera mitad de este siglo, además de haber dominado otras disciplinas como el psicoanálisis y la teoría de Pavlov, de origen europeo (215).

La psicología de la gestalt fue la primera en enfrentarse a este esquema mecanicista hacia la década del '30 (6), y a partir de allí se fueron dando nuevos cambios de perspectiva hasta el surgimiento del paradigma sistémico.

b) Modelo sistémico.- Surge hacia la mitad de nuestro siglo XX ante la necesidad de dar una imagen del hombre más satisfactoria, fundada sobre la idea de sistema, y que dio lugar a la configuración de una 'teoría unificada del comportamiento' (5).

Si bien fue en psiquiatría donde más decididamente se han adoptado estos planteos (5), numerosos ejemplos de corrientes psicológicas y psicopatológicas expresaron estas nuevas tendencias: las diversas escuelas neofreudianas, la psicología del

FOR AUTHOR USE ONLY

yo, las teorías de la personalidad (Murray, Allport), la psicología europea del desarrollo del niño (Piaget, Werner, Bühler), el 'New Look' en percepción, la autorrealización (Goldstein, Maslow), la terapia centrada en el cliente (Rogers), las actitudes fenomenológicas y existenciales, los conceptos sociológicos del hombre (Sorokin), etc., y también la obra de pensadores como Anderson, Arieti, Brunswik, Lennard y Berstein, Menninger, Miller y tantos otros (215, 217).

Casi todos ellos se han referido a la TGS o a una parte de ella, es decir, han renunciado a considerar al hombre como un autómata reactivo o un robot, y empezaron a considerarlo más en términos de un 'sistema activo de personalidad' (217).

Esto implicó una orientación holista en psicología (202). Antes solían reducirse los acontecimientos mentales a un manojo de sensaciones, pulsiones, reacciones innatas o aprendidas, o cualesquiera elementos últimos fuesen presupuestos teóricamente. En contraste, el concepto de sistema procura estudiar al organismo psicofisiológico con un todo, como puede apreciarse en las nuevas corrientes organísmicas y humanísticas, que han puesto en énfasis en el lado creador del hombre, en la importancia de las diferencias individuales, en aspectos que no son utilitarios y que están más allá de los valores biológicos de subsistencia y supervivencia.

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Tipos de comportamiento.- Se mencionan en este apartado algunas clasificaciones del comportamiento que establece von Bertalanffy en su texto básico.

a) Comportamiento animal y comportamiento humano.- Sus diferencias más significativas son las siguientes. 1) Por paradójico que pueda resultar, los animales actúan bajo el principio de racionalidad (119), es decir, funcionan de modo 'raciomorfo', maximizando valores como la preservación, la satisfacción, la supervivencia, etc., y escogiendo en general lo que es biológicamente bueno para ellos. Prefieren más cantidad de un bien (por ejemplo comida), que menos. El ser humano en cambio no sigue este criterio. Así por ejemplo las mujeres en el supermercado no suelen maximizar su provecho y caen bajo la

influencia de la publicidad; no hacen una elección racional revisando todas las posibilidades y consecuencias, y ni siquiera prefieren más cantidad de un producto envuelto discretamente que menos de lo mismo, pero metido en una gran caja roja con un dibujo atractivo. Existen en la sociedad ciertos especialistas influyentes (publicistas, etc.) que se ocupan de hacer 'irracionales' las elecciones, sobre todo acoplando factores biológicos (reflejos condicionados, pulsiones inconcientes) a valores simbólicos. 2) Una segunda diferencia guarda relación con el carácter finalista del comportamiento. Tanto en los animales como en los humanos, como sistemas abiertos que son, su conducta está regida por la equifinalidad (ver *Equifinalidad*), pero en el caso especial del hombre existe, además, lo que se llama intencionalidad, idea que presupone que la meta futura de la conducta está ya presente en el pensamiento y que está dirigiendo la acción presente. La verdadera intencionalidad es característica del comportamiento humano y está vinculada con la evolución del simbolismo del lenguaje y los conceptos (81).

FOR AUTHOR USE ONLY

b) Comportamiento de máquinas y comportamiento de seres vivos.- Tanto las máquinas construidas por el hombre como los seres vivos basan su comportamiento en mecanismos homeostáticos y retroalimentadores. En el caso de los seres vivos a ello hay que agregar también la equifinalidad, y, en el caso especial del ser humano, además la intencionalidad (44, 81). Retroalimentación, equifinalidad e intencionalidad son principios que rigen el carácter finalista de los comportamientos, con las diferencias antes apuntadas (ver *Finalidad*).

c) Comportamiento individual y comportamiento de masas.- Von Bertalanffy deja entrever que el primero está fundado en el libre albedrío, mientras que sobre el segundo parecen actuar fuerzas que operan más allá de la voluntad de sus miembros. Al tener características diferentes, resultan abordables desde distintos enfoques de sistemas. Para el comportamiento de masas se aplicarían leyes de sistemas que, si pudieran ser matematizadas, tendrían la forma de un cierto tipo de ecuaciones diferenciales. En contraste, la libre elección por el individuo quedaría descrita por

formulaciones de la índole de la teoría de los juegos y la teoría de la decisión (119).

d) Comportamiento molecular y comportamiento molar.- Resultan mas bien formas de estudiar el comportamiento, según una terminología clásica. La conducta molecular es cada uno de los segmentos de comportamiento analizado dentro de un todo complejo, como por ejemplo una reacción química en un organismo, una percepción en el psiquismo, etc. La conducta molar, en cambio, resulta de buscar leyes de conjunto que gobiernen la totalidad (115).

e) Comportamiento de conjunto y comportamiento sumativo.- En el marco de su discusión de la segregación progresiva, que es una de las propiedades formales de los sistemas, von Bertalanffy distingue el comportamiento de conjunto y el comportamiento sumativo, sustentados por la concepción unitaria y elementalista de la conducta, respectivamente (73).

Ambos tipos de comportamiento suelen concebírselos como contrapuestos, pero en realidad evolutivamente en cada organismo se va dando una transición gradual desde un comportamiento de conjunto hacia un comportamiento sumativo, según y conforme el principio de segregación progresiva o diferenciación. Así, en los primeros tiempos de vida el organismo realiza acciones de cuerpo entero o de grandes regiones (comportamiento de conjunto) y luego poco a poco va adoptando conductas más definidas, específicas, localizadas y especializadas, de forma tal que todo el comportamiento resulta de considerar conjuntamente estas conductas aisladas que tienen funciones independientes (comportamiento sumativo). Otro tanto ocurre en las estructuras sociales: las comunidades primitivas son mas bien totalidades indiferenciadas, mientras que en una comunidad altamente diferenciada cada miembro tiene una actividad bien definida y especializada (71-72).

FOR AUTHOR USE ONLY

CRECIMIENTO

Propiedad formal de los sistemas según la cual el número de sus elementos presentes variará a lo largo del tiempo. El crecimiento puede ser positivo o negativo, según que aumente o disminuya dicho número (62). Esta propiedad ha sido estudiada en forma especial por von Bertalanffy en los sistemas biológicos, donde elaboró un modelo de crecimiento que lleva su nombre (162, 179).

1. Ecuaciones de crecimiento.- Existen en matemática cierto tipo de ecuaciones que, por ser aplicables a situaciones empíricas donde se verifica crecimiento, son llamadas ecuaciones de crecimiento. La identidad formal de distintas leyes en diferentes territorios (biología, demografía, economía, etc.) respecto de las ecuaciones generales de crecimiento contribuye a justificar una TGS (62) o, en otras palabras, a mostrar la presencia de uniformidades formales en la naturaleza (65). En efecto, diferentes leyes de distintos territorios tienen en realidad la misma forma (identidad formal) o si se quiere pueden representarse mediante las mismas curvas de crecimiento.
Dos de estas leyes, expresables en términos de ecuaciones, son la ley exponencial y la ley logística. Ellas expresan las formas más sencillas de crecimiento en función del tiempo transcurrido, razón por la cual se prestan mejor a exhibir el isomorfismo o correspondencia entre leyes en diferentes campos (106). Se prescindirá aquí de las notaciones matemáticas, formulando una apreciación intuitiva de las mismas utilizando ejemplos prácticos y gráficos de curvas.
a) Ley exponencial.- Ley según la cual el crecimiento de un sistema es exponencial. El crecimiento puede ser positivo si el número de elementos aumenta con el tiempo, o negativo si decrece con el tiempo, pero en ambos casos en forma exponencial. Por ejemplo, para un caso simple de crecimiento positivo, al cabo de 1 segundo, puede haber 2 elementos, al cabo de 2 segundos habrá 4 elementos, al cabo de 3 segundos habrá 8 elementos, y así sucesivamente, todo lo cual puede representarse mediante el tipo

CONTRIBUTOR'S COPY

de curva exponencial para crecimiento positivo. Del mismo modo, hay una curva exponencial para crecimiento negativo, que sigue las mismas pautas que la anterior, pero a la inversa.

Ámbitos de aplicación de la ley exponencial de crecimiento positivo: el aumento del capital por interés compuesto; el crecimiento individual de ciertas bacterias y animales; multiplicación sin restricciones de poblaciones vegetales o vegetales, siendo el caso más sencillo la multiplicación de bacterias al dividirse cada individuo en dos, que dan cuatro, etc.; la ley de Malthus del crecimiento ilimitado de una población cuya tasa de natalidad es superior a la de mortalidad; el aumento del conocimiento humano medido en páginas de texto dedicadas a descubrimientos científicos, etc.(63).

Ámbitos de aplicación de la ley exponencial de crecimiento negativo: desintegración radiactiva; descomposición de un compuesto químico por reacción monomolecular; exterminio de bacterias por radiación o veneno; pérdida de sustancia corporal por hambre en un organismo multicelular; ritmo de extinción de una población donde la tasa de mortalidad supera la de natalidad, etc. (63).

FOR AUTHOR USE ONLY

b) Ley logística.- Expresa ciertos tipos especiales de crecimiento donde, por más que pase el tiempo, sólo se llega a alcanzar un valor máximo en cuanto al número de elementos que pueden aparecer. Por ejemplo, la ley de Verhulst describe el crecimiento de poblaciones humanas con recursos limitados: si la población tiene alimentos hasta cierta cantidad, no puede crecer más de un número máximo de habitantes, porque para todos no alcanzará el alimento y comenzarán a morirse. En un primer momento la población aumenta, pero luego de un tiempo se estabiliza alrededor de una cantidad máxima de personas. Otro ejemplo: en química, la curva logística también describe adecuadamente una reacción autocatalítica, o sea una reacción donde un producto formado acelera su propia producción (64).

2. Modelos de crecimiento biológico.- En el texto de von Bertalanffy se describen dos modelos relacionados con la propiedad formal del

crecimiento de los sistemas (106 a 107, 162): el modelo alométrico, y el modelo del crecimiento animal de von Bertalanffy y otros.

Este último autor describe con cierto detalle los resultados experimentales obtenidos de la aplicación de estos modelos, con el fin de ilustrar, en última instancia, la necesidad de una TGS. En efecto, las características fundamentales de la vida tales como el metabolismo, el crecimiento, el desarrollo, la autorregulación, la irritabilidad, la actividad espontánea, etc., pueden a fin de cuentas considerarse consecuencias del hecho de que el organismo es un sistema abierto. Una teoría de tales sistemas abiertos, pues, sería un principio unificador capaz de combinar fenómenos tan diversos y heterogéneos como los indicados bajo el mismo concepto general, y de derivar leyes cuantitativas. Cabe aún una generalización más amplia, pues la teoría de los sistemas abiertos formaría parte de otra más general, llamada TGS, que incluiría los sistemas abiertos y los cerrados, es decir, sus principios serían aplicables a sistemas en general, más allá de la naturaleza de sus componentes y la fuerzas que los gobiernen (155).

FOR AUTHOR USE ONLY

Los modelos alométrico y de von Bertalanffy en este contexto apuntan, específicamente, a establecer leyes cuantitativas que permitan relacionar dos de las características de la vida: el crecimiento y el metabolismo, y a mostrar que ambos procesos son interdependientes y se encuentran armonizados de forma tal que permiten que el organismo se mantenga vivo, es decir, que se mantenga en el llamado estado uniforme, típico de los sistemas abiertos (177).

Cabe examinar entonces sucintamente cómo estos modelos relacionan crecimiento con metabolismo, aclarando previamente que el crecimiento puede medirse en términos de variación de peso, de superficie corporal, de volumen, etc., y que el metabolismo puede medirse en términos de balance entre procesos anabólicos (formadores de materia) y catabólicos (destructores de materia).

Puede suponerse que el crecimiento se basa en el balance entre procesos anabólicos y procesos catabólicos (79, 140, 180). En el organismo están ocurriendo continuamente ambos, aunque en

diferente proporción: cuando predomina la formación sobre la destrucción, decimos que el organismo tiene crecimiento positivo; después, ambos procesos de igualan (el crecimiento se detiene), y finalmente predomina el catabolismo sobre el anabolismo, con lo cual se produce crecimiento negativo.

El crecimiento es a su vez medible como peso, superficie, etc. Caben entonces algunos ejemplos, teniendo presente que las ecuaciones alométricas pueden aplicarse tanto a crecimientos que siguen la curva exponencial, como la logística, la parabólica y otras (66).

a) Hay una relación cuantitativa entre el metabolismo basal (un indicador de metabolismo) y el peso corporal (un indicador de crecimiento). Por ejemplo para las larvas de insectos y caracoles, la relación es 1:1, es decir, cuando el metabolismo basal aumenta una unidad, el peso corporal lo hace en la misma proporción (66, 171 a 172). Se toma como medida el metabolismo basal porque al ser éste el metabolismo del ser vivo en reposo, se supone (189) que es el que más se acerca a las condiciones naturales de crecimiento.

FOR AUTHOR USE ONLY

b) También se verifica en muchos animales una relación cuantitativa entre el metabolismo basal y la superficie corporal (181), aunque la relación no es de 1:1 como en el caso anterior.

c) También puede establecerse una relación cuantitativa entre el crecimiento y el tiempo transcurrido. Un ejemplo artificial sería el siguiente: cada día la cola de las ratas blancas crece dos centímetros. La relación, en la realidad, no es tan sencilla: no se representa mediante una simple recta sino que sigue una curva logística. En este tercer ejemplo se relacionó el crecimiento con el tiempo y no directamente con el metabolismo por ser el tiempo una medida importante para describir fenómenos en los seres vivos en cuanto puede correlacionarse con otras muchas características vitales, incluyendo el metabolismo, el desarrollo, etc.

d) En muchos organismos, el catabolismo es proporcional al peso del cuerpo, y el anabolismo es proporcional a la superficie, por ejemplo, a la superficie intestinal (140). Así, cuanto más superficie intestinal haya más alimentos se pueden incorporar al metabolismo,

y consecuentemente más formación de sustancias nuevas habrá (anabolismo).
Finalmente, debe tenerse presente que pueden darse variaciones de la relación entre tamaño corporal y tasa metabólica 1) en diferentes tejidos o en diferentes especies, 2) a causa de cambios en las condiciones fisiológicas, y 3) en virtud de diferentes planes experimentales. Entre las condiciones que alteran esta relación hay factores como las actividades fisiológicas, el sexo, la estación, la aclimatación previa, etc. (194).
En general, la ecuación alométrica se aplica a diversos fenómenos biológicos, entre ellos el del crecimiento. Dicha ecuación expresa que determinada característica A puede ser expresada como función exponencial de otra característica B. El ejemplo puede ser la morfogénesis (es decir, el desarrollo de los diversos órganos del cuerpo): la longitud o el peso de un determinado órgano, (característica A), es en general función alométrica del tamaño de otro órgano o de la longitud o el pesos totales del organismo en cuestión (característica B) (66).

FOR AUTHOR USE ONLY

DIFERENCIACIÓN

Proceso observable en los sistemas vivientes y que consiste en una transformación progresiva desde una condición más general y homogénea, hasta otra más especial o heterogénea (221). Consiguientemente, esta idea está directamente vinculada con las de segregación y especialización.

1. Concepto.- La diferenciación implica que en el todo original van apareciendo partes 'diferentes' entre sí, es decir partes que se van especializando en ciertas funciones. La organización de las totalidades biológicas está constituida por diferenciación de un todo original que se segrega o separa en partes (70). De esta forma, diferenciación, especialización y segregación son proceso

paralelos, y dan lugar a la mecanización y a la centralización (véanse estos conceptos).
El principio de diferenciación es aplicable a sistemas biológicos, psicológicos y culturales. Werner sostuvo, por ejemplo, que las funciones mentales suelen progresar desde un estado sincrético donde percepciones, motivaciones, sensaciones, imaginación, símbolos, etc., constituyen una unidad amorfa, hacia una distinción más clara de estas funciones (221).

2. Ejemplos.- En la percepción, el estado primitivo parece ser la sinestesia, del cual se van deslindando experiencias visuales, auditivas, táctiles, químicas y otras. En el comportamiento animal y buena parte del humano hay al principio de todo una unidad perceptivo-emotivo-motivacional indiferenciada, y los objetos percibidos sin armónicos emotivo-motivacionales son un logro tardío del hombre maduro civilizado.
Respecto de la evolución del pensamiento y el lenguaje, se supone que originalmente fueron 'holofrásticos', es decir, eran enunciados y pensamientos con una amplia gama de asociaciones, y sólo después ocurrió la separación de los significados y, consecuentemente, la separación del lenguaje en palabras (lenguaje articulado).
Similarmente, las categorías de la vida mental desarrollada, que implica la distinción entre yo y objetos, espacio, tiempo, número, causalidad, etc., evolucionaron a partir de un continuo perceptivo-conceptual-motivacional representado por la percepción 'paleológica' de niños, primitivos y esquizofrénicos. De modo similar y respecto del desarrollo de la cultura, el mito fue el original caos prolífico a partir del cual se diferenciaron lenguaje, magia, arte, ciencia, medicina, moral y religión (221-222).

FOR AUTHOR USE ONLY

ECOLOGÍA

Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos con su entorno o ambiente. Se trata de otra disciplina más susceptible de ser encarada bajo el punto de vista sistémico, por cuanto los ecosistemas poseen propiedades de los sistemas abiertos (48, 106).

1. Generalidades.- Como aclaración previa al planteo de von Bertalanffy, puede decirse que en general, en biología se considera que la unidad funcional de estudio en ecología es el ecosistema, que incluye no solamente un medio físico y todos los organismos que viven en él, sino también sus mutuas relaciones, de forma tal de cualquier especie biológica puede ser estudiada en su relación con el entorno físico, pero también con las restantes especies vivas que, desde ya, forman parte también de su entorno. En los últimos tiempos, y como consecuencia de las nefastas influencias que ejerce la actividad humana sobre su entorno, la ecología ha concentrado sus investigaciones particularmente en el estudio de las relaciones de la especie humana con su medio y sus influencias recíprocas. Este estudio de la totalidad de los seres vivos y su medio requiere el auxilio de otras disciplinas como la geografía, la geología, la etología, la fisiología, la bioquímica, la meteorología y la demografía, entre otras.

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Ecología y TGS.- La ecología se presta especialmente a estudios enfocados sistémicamente, que parecen ofrecer un nuevo y fértil punto de vista. Los ecosistemas, las poblaciones, etc., constituyen sistemas abiertos, ya que poseen propiedades como por ejemplo la equifinalidad. Así, autores como Whittacker señalan que el hecho de que se generen comunidades vegetales iguales a partir de vegetaciones iniciales diferentes constituye un notorio ejemplo de equifinalidad. Patten, por su parte, ha expuesto un análisis cuantitativo sobre la base de sistemas abiertos en términos de producción de biomasa con culminación hacia un estado uniforme (106).

Sin embargo, es aún difícil elaborar modelos matemáticos en ecología. La teoría ecológica de los equilibrios biológicos es un campo muy desarrollado dentro de la biología matemática y es a grandes rasgos correcta, pero no obstante no es fácil aplicarla porque los parámetros escogidos, tales como los ritmos de generación y destrucción, y otros, no son fáciles de medir. Por ello debemos conformarnos con una explicación 'en principio', argumentación cualitativa que, con todo, no deja de tener consecuencias significativas (48).

ECONOMÍA, PRINCIPIO

Principio según el cual todo comportamiento es utilitario, y por tanto debe ser realizado con el mínimo gasto energético posible (199), o con el gasto mínimo como para sobrevivir. Según von Bertalanffy, es uno de los cuatro principios que fundan las teorías psicológicas del hombre-robot.

FOR AUTHOR USE ONLY

En la práctica, el principio económico equivale al postulado de las demandas mínimas. Por ejemplo, las exigencias escolares deberían reducirse al mínimo necesario para que el aprendizaje sea eficaz y el educando llegue a ser un buen ejecutivo, ingeniero electrónico o fontanero, ya que de otra manera se 'tuerce' la personalidad, se crean tensiones y se genera un ser desdichado (199).

El principio de economía es insostenible. Psicológicamente (200), el comportamiento no sólo tiende a aflojar tensiones sino también a establecerlas; si esto se detiene, el paciente se vuelve un cadáver mental en descomposición, lo mismo que un organismo vivo se vuelve cuerpo putrefacto cuando se interrumpen las tensiones y fuerzas que lo apartan del equilibrio.

Hay una extensa gama de comportamientos que no puede reducirse a principios utilitarios de adaptación del individuo o supervivencia de la especie, como por ejemplo las diversas manifestaciones de la cultura (pintura, escultura, etc.). A la luz de

esta crítica también debería reevaluarse el principio del stress: el stress no es sólo un recurso defensivo y adaptativo, sino que también crea vida superior. Si, luego de ser perturbada desde afuera, la vida volviera a su equilibrio homeostático habitual, nunca habría progresado más allá de la ameba.
Los restantes tres principios que fundan la psicología del hombre-robot son el principio de estímulo-respuesta, el principio del ambientalismo y el principio del equilibrio (ver *Estímulo-respuesta*, *Ambientalismo* y *Equilibrio, principio*).

ENFOQUES DE SISTEMAS

Los enfoques de sistemas constituyen un conjunto heterogéneo de tendencias y modelos tanto mecanicistas como organísmicos de tratan de dominar los sistemas ora por 'análisis', 'causalidad lineal' (incluyendo la circular), 'autómatas', etc., ora merced a 'totalidad', 'interacción', 'dinámica', etc. (24). Ejemplos: la teoría clásica de los sistemas (o TGS en sentido estricto), la cibernética, la computarización y simulación, la teoría de la información, la teoría de los autómatas, la teoría de los juegos, la teoría de la decisión, la teoría de las colas, la teoría de los conjuntos, la teoría de los compartimientos, la teoría de las gráficas y la teoría de las redes (18 a 22, 93 a 94).

FOR AUTHOR USE ONLY

La idea de 'enfoques de sistemas' es intencionalmente vaga, e incluye distintos modelos conceptuales, técnicas matemáticas, puntos de vista generales, etc., que concuerdan, sin embargo, en ser 'teorías de sistemas' (18). Los enfoques de sistemas se hicieron necesarios en el siglo XX para resolver problemas que implicaban considerar y elegir soluciones posibles con la máxima eficiencia y el mínimo costo, en una red de interacciones tremendamente compleja. La aparición de los enfoques de sistemas forma parte de una fundamental reorientación del pensamiento científico del siglo (2 y 3).

Los diferentes enfoques de sistemas no se excluyen mutuamente, y aun el mismo fenómeno puede ser abordado desde diferentes modelos (24). Von Bertalanffy aclara que los enfoques de sistemas son herramientas teóricas (18), y al respecto los distingue de las aplicaciones prácticas de dichas herramientas, como pueden serlo por ejemplo la ingeniería de sistemas, la investigación operacional, la ingeniería humana, la programación lineal y no lineal, etc. (18, 94).

Algunos de los ejemplos de enfoques de sistemas pueden encontrarse en los respectivos artículos del presente volumen. Del resto, von Bertalanffy da una caracterización escueta, que se sintetiza a continuación:

a) Computarización y simulación.- La computadora ha permitido: a) llevar a cabo cálculos matemáticos que, de otra forma, hubieran requerido mucho tiempo y energía; b) abrir campos donde no existen teorías o modos de solución matemáticos; c) simular experimentos de laboratorio de, que otro modo, insumirían mucho tiempo y dinero.

FOR AUTHOR USE ONLY

b) Teoría de los juegos (von Neumann y Morgenstern, 1947).- Estudia, mediante un novedoso armazón matemático comparable incluso con el de la mecánica newtoniana o el cálculo infinitesimal, el comportamiento de jugadores supuestamente 'racionales' a fin de obtener ganancias máximas y pérdidas mínimas gracias a estrategias apropiadas contra otro jugador (o contra la naturaleza). Es un enfoque que puede agregarse a las ciencias de sistemas en la medida que estudia un 'sistema' de 'fuerzas' antagónicas con determinadas especificaciones (21, 93, 104).

c) Teoría de las colas.- Se ocupa de la optimización de disposiciones en condiciones de apiñamiento (22).

d) Teoría de los conjuntos.- Las propiedades formales generales de sistemas, tanto cerrados como abiertos, pueden ser axiomatizadas en términos de teoría de los conjuntos (20).

e) Teoría de los compartimientos.- Concibe los sistemas como constituidos por subunidades o sub-sistemas (compartimientos), entre los cuales se dan procesos de transporte. Por ejemplo los compartimientos permeables a ciertas sustancias, como ocurre en

ciertos procesos industriales y en la fisiología celular, y por ello tiene más relación con los sistemas abiertos. Los compartimientos pueden tener una estructura catenaria (compartimientos encadenados) o mamilar (un compartimiento central conectado con múltiples periféricos). El análisis de estos sistemas compartimentados excede el cálculo matemático habitual, pero sin embargo resulta posible gracias a las transformaciones de Laplace y a la introducción de la teoría de las redes y las gráficas. Estas dos teorías y la teoría de los compartimientos se fundan en una rama de la matemática llamada topología, o matemática relacional (19, 94, 150).

f) Teoría de las gráficas y las redes.- La teoría de las gráficas elabora estructuras relacionales (es decir con propiedades cualitativas, no cuantitativas o métricas) representándolas en un espacio topológico. Matemáticamente está vinculada también al álgebra de matrices, y fue utilizada por ejemplo en biología. La teoría de las redes está ligada a la teoría de las gráficas y a la teoría de los compartimientos, y se aplica a sistemas tales como las redes nerviosas (20, 94).

g) Teoría de la decisión.- En general, teoría matemática que se ocupa de elecciones entre posibilidades (22). Más específicamente, analiza elecciones humanas racionales, basadas en el examen de una situación dada y de sus posibles consecuencias (93).

FOR AUTHOR USE ONLY

ENTROPÍA

En termodinámica, designa la medida del grado de desorden de los sistemas. Los sistemas cerrados poseen una entropía creciente (o entropía positiva), es decir, evolucionan hacia un grado creciente de desorden y desorganización. En contraste, los sistemas abiertos poseen una entropía decreciente (o entropía negativa), lo que significa que evolucionan hacia grados cada vez mayores de orden y organización (41, 165). El término 'entropía' se utiliza también en Teoría de la Información, dada su

correspondencia isomórfica con el respectivo concepto de la termodinámica.

1. Generalidades.- La entropía es un concepto originalmente de la física, y más específicamente de una de sus ramas: la termodinámica. De acuerdo con el segundo principio de la termodinámica, la dirección general de los acontecimientos físicos es hacia estados de máxima entropía, probabilidad y desorden molecular. Sin embargo, y en oposición a esta tendencia, los organismos vivos se mantienen en un estado fantásticamente improbable, preservan su orden pese a los continuos procesos irreversibles y aun avanzan en su desarrollo embrionario y en su evolución hacia diferenciaciones siempre crecientes.

En rigor no hay contradicción entre ambas situaciones si se considera que el clásico segundo principio atañe sólo, por definición, a los sistemas cerrados. La termodinámica declara expresamente que sus leyes sólo se aplican a sistemas cerrados. En los sistemas abiertos, que incorporan materia rica en energía, el mantenimiento de un alto grado de orden y hasta el avance hacia órdenes superiores es cosa termodinámicamente permitida (41, 165-166).

FOR AUTHORS ONLY

2. Tipos de entropía.- De lo dicho pueden inferirse dos tipos de entropía. La física clásica no considera estos dos tipos, y habla simplemente de 'entropía'. Esta entropía a secas es lo que en el texto de von Bertalanffy aparece como entropía positiva.

a) Entropía positiva.- Tendencia de los sistemas cerrados de evolucionar hacia el máximo desorden, la máxima indiferenciación y desintegración, y la máxima probabilidad: se trata de una tendencia hacia la destrucción de orden. También puede decirse que en los sistemas cerrados, el cambio de entropía es siempre positivo (es decir, la entropía a que alude la física clásica tiende a aumentar) (41).

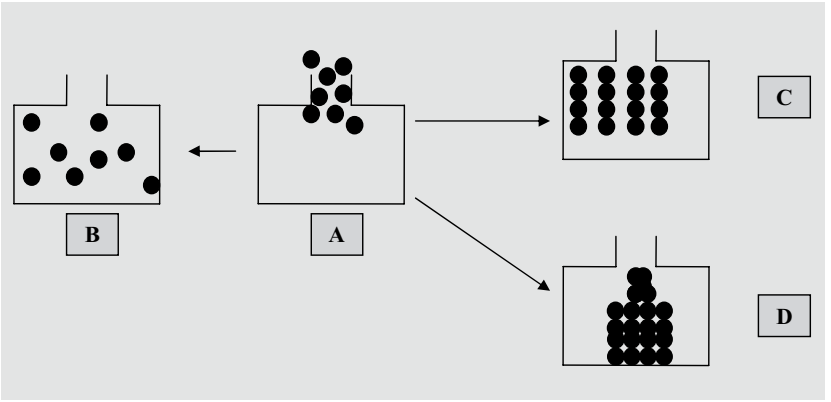
b) Entropía negativa.- También llamada neguentropía, o, a veces, anentropía, es la tendencia de los sistemas abiertos - específicamente los sistemas que estudia la biología, la psicología,

la sociología- hacia el máximo orden, la máxima diferenciación e integración, y la máxima improbabilidad (o, lo que es lo mismo, hacia la mínima probabilidad): es una tendencia que busca contrarrestar la tendencia alternativa al desorden. También puede decirse que en los sistemas abiertos, el cambio de entropía es negativo, es decir, la entropía negativa tiende a aumentar (41).
Sintéticamente, entonces: los sistemas cerrados son entrópicos (es decir entrópicos positivos) porque tienden a gastarse y deteriorarse. En cambio los sistemas abiertos buscan sostenerse a sí mismos, mantenerse organizados importando energía de afuera para contrarrestar la tendencia entrópica positiva, mediante una entropía negativa. Sobre esta base, hasta se podría medir el grado de organización de la materia a partir del monto de energía requerido para evitar su desorganización. Es la entropía negativa la que debe oponerse a la tendencia general a la entropía positiva creciente, y no a la inversa.

FOR AUTHOR USE ONLY

3. Conceptos relacionados.- En este ítem se procurará aclarar qué significa, en este contexto, orden-desorden, diferenciación-indiferenciación, integración-desintegración, e improbabilidad-probabilidad, y para ello se comenzará con el ejemplo sencillo de la evolución de un gas cualquiera. Con las siguientes explicaciones se procura llenar un vacío dejado en el texto de von Bertalanffy, quien explica el fenómeno entrópico presuponiendo ciertos conocimientos en el lector.
Siguiendo el esquema adjunto, si se introduce un gas en un recipiente (A) y luego se lo tapa, pronto sus moléculas se difundirán por todo el recipiente en forma homogénea. Esto significa no sólo que van a ocupar la totalidad del mismo, sino también que lo harán de forma tal que todas las moléculas estarán a igual distancia entre sí, como si se repelieran mutuamente. Esto es lo que seguramente va a ocurrir, porque así lo revela la experiencia con los gases.

Algunas posibles evoluciones entrópicas



Se puede imaginar ahora qué es lo que NO va a ocurrir. Ello se plantea hipotéticamente, porque de hecho nunca se vio que un gas evolucionara de las formas C y D. En la forma C todas las moléculas se arriman sobre la pared izquierda del recipiente, y del otro lado queda vacío. En la forma D, más extraña aún, las moléculas se aglutinan en el centro formando una figura humana.

Puede decirse entonces que la disposición homogénea de las moléculas es la distribución más probable (máxima probabilidad), mientras que la disposición en forma de figura humana o cualquier otra es la más improbable (máxima improbabilidad).

Si el conjunto de las moléculas adopta una forma definida (un cuerpo humano, una luna, una taza, etc.), cabe sostener que están de alguna forma ordenadas, organizadas, pero si las moléculas difunden homogéneamente se dice que hay desorden y desorganización. Esto suele confundir a quienes se inician en estos temas, porque se suele relacionar distribución homogénea con orden u organización. Las moléculas, al distribuirse homogéneamente están difundiéndose al azar, repeliéndose unas a otras y reinando, por ende, el desorden. Naturalmente, se está dando aquí una idea intuitiva de desorden y prescindiendo del tecnicismo que emplea la física para definirlo.

La conclusión que cabe extraer hasta aquí es la siguiente, para usar una expresión de von Bertalanffy: en los sistemas cerrados, la

FOR AUTHOR USE ONLY

distribución más probable es la tendencia al desorden, es decir, hacia la máxima entropía [positiva] (39).

Y así como sucede con las moléculas del gas, también sucede con el calor. Si en un sistema cerrado ingresa calor, este tiende a difundirse por todo el espacio en forma homogénea. Una estufa en una habitación cerrada produce calor, y ese calor inunda toda la habitación. No ocurre que el calor se aglutine en un rincón y el otro quede frío. La distribución homogénea del calor hace, entonces, que haya la misma temperatura en cualquier punto de la habitación tomado al azar.

Si se abre la puerta que da al baño, el calor difundirá al baño y volverá a homogeneizarse la distribución del calor en el nuevo sistema ampliado. Por supuesto, siempre y cuando el baño esté más frío, porque si está más caliente el calor irá 'hacia' la habitación, y también tenderá a distribuirse homogéneamente.

Von Bertalanffy da ejemplos una tanto artificiales pero didácticamente útiles con bolitas rojas y azules. Dice por ejemplo que la distribución más probable de una mezcla de bolitas rojas y azules es un estado de completo desorden, mientras que la distribución más improbable sea que las bolitas rojas queden de un lado y las azules del otro, o bien, en un ejemplo más realista en el caso de un gas, que las moléculas más veloces (de mayor temperatura) queden hacia la derecha y las menos veloces (más 'frías') queden hacia la izquierda (39).

FOR AUTHOR USE ONLY

Estos son ejemplos de sistemas no vivos, como los gases o las bolitas, pero cabe ahora examinar qué sucede en un sistema vivo (como puede serlo una ameba, un mamífero, la personalidad, un grupo humano, una sociedad, etc.). ¿Qué pasa si dentro del recipiente ya no se introduce un gas sino un huevo cigota o, en un segundo ejemplo, hormigas?

Un huevo cigota que tenga unos días de vida se ve en el microscopio como un conjunto de células más o menos iguales. Hay una indiferenciación, porque no hay ninguna célula ostensiblemente diferente a cualquier otra. Al comienzo, las células van reproduciéndose un poco anárquicamente y distribuyéndose donde pueden. Si el huevo cigota evolucionara como el gas, las

células quedarían siempre iguales y distribuidas homogéneamente, pero la experiencia dice que no, que poco a poco comienzan a distribuirse de determinada forma, el huevo cigota empieza a adoptar la forma de un embrión, y finalmente se transforma en el animal definitivo. Algunas células se transformaron en células musculares, otras en células hepáticas, otras en neuronas, etc., es decir, hay una progresiva diferenciación (empiezan a ser diferentes), y se van distribuyendo de acuerdo a un plan, a un orden, es decir hay una creciente organización.

Se sabe perfectamente en qué terminará el gas (máxima probabilidad), pero no es así en el caso del huevo cigota. Aun cuando se sepa de antemano que se trata de un cigoto humano, no se sabe qué características tendrá al nacer, qué malformaciones o no podrá padecer, etc. Es decir, puede evolucionar hacia diferentes estados finales: hay una máxima improbabilidad, y aun en el hipotético caso que se conozcan todas las posibles evoluciones del huevo, ciertos desarrollos serán más o menos probables que otros, pero no habrá ningún desarrollo único de máxima probabilidad. Incluso más: a partir de estados iniciales distintos, por ejemplo un huevo cigota entero y un huevo cigota cortado por la mitad, pueden llegar al mismo estado final (el mismo erizo de mar). Esto es lo que se llama 'equifinalidad' (ver *Equifinalidad*), y es algo inconcebible en el caso de la evolución de un gas. Por ejemplo, si se reduce la cantidad de gas a la mitad, se obtendrá un estado final diferente, no igual, por ejemplo, las moléculas quedarán más alejadas entre sí en la distribución final.

FOR AUTHOR USE ONLY

Otro tanto sucede si en el recipiente se colocan hormigas. Lejos de distribuirse homogéneamente como las moléculas gaseosas, las hormigas empezarán a organizarse. Si en el recipiente hay tierra, empezarán a hacer túneles y se organizarán para sobrevivir. Las sociedades humanas, al igual que las sociedades animales, son sistemas abiertos, y como tales tienden hacia un orden creciente, es decir, tienen entropía negativa.

Pero además de una progresiva diferenciación existe, correlativamente, una progresiva integración. Cuando las células empiezan a diferenciarse unas de otras no permanecen aisladas

sino que se comunican para cumplir la tarea de preservar la vida: ciertas neuronas estarán conectadas con ciertas células musculares para que sea posible mover un músculo. Del mismo modo, cuando las abejas, en otro ejemplo, se diferencian entre sí (obreras, zánganos, reina) no se aíslan sino que se organizan entre sí para la supervivencia de la especie: la obrera, busca el alimento para la reina, la reina produce más abejas, los zánganos fecundan, etc. Estas interconexiones entre elementos diferentes es la llamada integración.

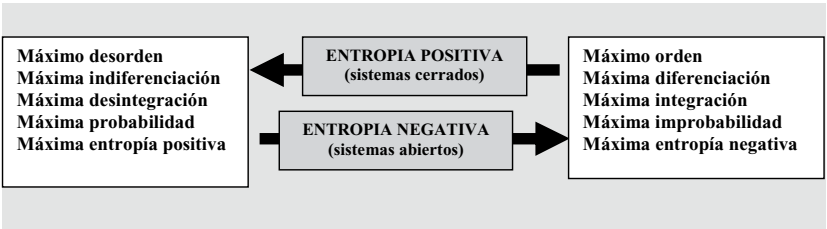
Los sistemas cerrados tienden al desorden (tienen entropía positiva creciente), y los sistemas abiertos tienden al orden (tienen entropía negativa creciente, o también, tienen entropía positiva decreciente). Como indica von Bertalanffy (41): los sistemas vivos, manteniéndose en estado uniforme (ver *Estado uniforme*), logran evitar el aumento de entropía [positiva] y hasta pueden desarrollarse hacia estados de orden y organización crecientes.

Hay que evitar ciertas connotaciones subjetivas que puede tener la expresión 'orden' u 'organización'. Cuando un niño se apodera de una habitación llena de juguetes perfectamente ordenados, al cabo de un tiempo la habitación queda perfectamente desordenada. ¿Aumentó la entropía positiva? ¿El sistema evolucionó hacia un desorden creciente? Respuesta: la conducta del niño es la desordenada, porque como sistema abierto que es más tarde evolucionará hacia el orden cuando en la adultez sus conductas estén más organizadas (la madre que ordena la habitación).

Pero la habitación por sí sola, como sistema cerrado que es, que no sufre la influencia de los niños, tenderá también hacia una desorganización, pero a un desorden espontáneo, a una degradación progresiva de la materia. Este desorden no se aprecia de un día para el otro, pero sí si se volviera a la misma habitación luego de millones de años, lapso durante el cual no sufrió ninguna influencia de nadie ni de nada (por ello es un sistema cerrado), hallaríamos una masa gaseosa o, más aún, un vacío salpicado de partículas sub-atómicas moviéndose desordenadamente a igual distancia entre ellas. El desorden producido por el niño parecerá realmente insignificante.

EDAUTHR USE ONLY

Entropía positiva y negativa



4. Entropía en sistemas abiertos.- Puede completarse esta explicación con tres breves comentarios acerca de la entropía en los sistemas abiertos.

a) Un ser viviente tiene al mismo tiempo las características de un sistema físico (de hecho está compuesta de átomos, moléculas, es decir de la misma materia prima que una piedra, por ejemplo), y las características de un sistema vivo. Desde el primer punto de vista, el sistema vivo evolucionará hacia un desorden creciente, y desde el segundo punto de vista evolucionará hacia un orden creciente. ¿Cuál de ambas tendencias dominará sobre la otra? Mientras el ser vivo se mantiene como tal, mientras evoluciona hacia la organización creciente (por ejemplo sobre todo en el desarrollo intrauterino y la niñez, o, en el plano intelectual, hasta la adolescencia y aun más adelante), predominará la tendencia entrópica negativa (orden creciente), pero, tarde o temprano, el ser vivo empezará poco a poco a desordenarse hasta llegar a la muerte, desde donde la desorganización continuará creciendo, es decir, continuará predominando la tendencia entrópica positiva. Como varios otros pensadores, Freud se había percatado de esta situación cuando por ejemplo en "Más allá del principio del placer" sostuvo que había una tendencia más arcaica, primitiva y fundamental: la tendencia hacia la muerte, que finalmente terminaba dominando sobre la tendencia al mantenimiento de la vida.

b) ¿Qué peculiares características tiene un sistema abierto que hace que tenga que evolucionar hacia un orden y una complejidad

FOR AUTHOR USE ONLY

crecientes? Los sistemas que evolucionan en dicho sentido sólo son posibles si cumplen con dos condiciones básicas:

En primer lugar, deben traer o importar energía desde afuera del sistema (para eso deben ser sistemas abiertos), porque esa energía les permite compensar o contrarrestar el aumento de entropía positiva siempre creciente. Debe haber una 'importación de entropía negativa', por utilizar una expresión de Schrödinger (101, 149), y que otros autores como Prigonine volcaron en una expresión matemática (148), que permita contrarrestar los efectos de la entropía positiva. Cuando esa energía importada se haya consumido y no pueda ingresar más energía, ya no quedará nada para contrarrestar la tendencia al desorden y el organismo se muere. El mismo Schrödinger ilustra la propensión neguentrópica de los organismos (o propensión hacia el aumento de entropía negativa), recurriendo a expresiones tales como "el organismo se alimenta de entropía negativa" (150).

En segundo lugar, dentro del sistema las cosas deben estar dispuestas de forma tal que esa energía importada realmente sea eficaz para contrarrestar el creciente desorden (es decir el aumento de entropía positiva): el sistema vivo debe tener ciertas leyes de organización (101) que, a partir de la energía captada, pueda ir organizándose, diferenciándose, integrándose, complejizándose, etc. Es como decir: para organizarse tiene previamente que estar organizado, lo cual parece un círculo vicioso, pero que en realidad es tan aparente como preguntarse si vino primero el huevo o la gallina.

El organismo adulto se desarrolla a partir del embrión. ¿Y quién organiza al embrión? La progresiva diferenciación de sus células. ¿Y quien organiza a estas para que vayan diferenciándose? Las proteínas que dirigen los procesos celulares con su particular secuencia de aminoácidos. En última instancia y hasta donde llega el conocimiento actual, dicha organización proteínica deviene a su vez de la particular secuencia de bases en la molécula de ADN. Pero sin ir tan lejos, es al nivel de proteínas (secuencia de aminoácidos) donde encontramos el primer rastro de orden, el primer indicio de una entropía negativa que algunos autores llaman

FOR AUTHOR USE ONLY

precisamente 'entropía de cadena' (157) en alusión a la cadena de aminoácidos ordenados de determinada manera. Su peculiar organización, en contraste con la disposición al azar [de las bases de ADN] es medible mediante este concepto de entropía en cadena.
c) El concepto de entropía en sistemas cerrados y abiertos está vinculado con otras muchas ideas, como por ejemplo con la idea de proceso irreversible, y con las ideas de estado de equilibrio y estado uniforme. El lector puede consultar al respecto los artículos sobre sistemas abiertos, sistemas cerrados, equilibrio, estado uniforme y termodinámica irreversible.

EPISTEMOLOGÍA DE SISTEMAS

Parte de la Filosofía de los sistemas que propone introducir en la ciencia nuevas categorías para la investigación de totalidades organizadas, tales como las de interacción, transacción, organización, teleología, etc., como así también introducir la idea de conocimiento como interacción entre observador y observado. En tales sentidos, se opone a la epistemología del positivismo lógico, de índole reduccionista y fisicalista (XVI).

CO-AUTHOR USE ONLY

La TGS en sentido amplio abarca la Ciencia de los sistemas, la Tecnología de los Sistemas y la Filosofía de los sistemas y, dentro de esta última, una parte es la Epistemología de sistemas.
En sentido genérico, la epistemología es la disciplina que se ocupa del estudio del conocimiento científico. Específicamente, la Epistemología de sistemas es una doctrina que propone un modelo de conocimiento científico fundado en dos puntos importantes:
1) La investigación de totalidades organizadas de muchas variables requiere nuevas categorías de interacción, transacción, organización, teleología, etc., con lo cual surgen muchos problemas para que resuelvan la epistemología y los modelos y técnicas matemáticos. Se deja así atrás el paradigma de la ciencia clásica

que descomponía el todo en elementos, y los vinculaba mediante la causalidad lineal o unidireccional como categoría básica (XVI).
2) La percepción no es una simple reflexión de 'cosas reales', ni el conocimiento una mera aproximación a la 'verdad' o 'la realidad'. Es una interacción entre conocedor y conocido que depende de múltiples factores de tipo biológico, cultural, lingüístico, etc., lo cual lleva a sustentar una postura perspectivista que, en esencia, sostiene que no hay una única forma de conocer, sino que de la realidad se pueden tener varias perspectivas diferentes (XVI-XVII).

EQUIFINALIDAD

Característica de los sistemas abiertos según la cual estos, en su evolución, pueden alcanzar el mismo estado final -que es el llamado estado uniforme- partiendo de diferentes condiciones iniciales y por distintos caminos (40, 46, 81, 136-137, 147). La equifinalidad es uno de los varios tipos de finalidad que pueden encontrarse junto a otros, como por ejemplo la directividad estructural y la intencionalidad (81).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Generalidades.- El término 'equifinalidad' alude a 'igual final', es decir, se puede alcanzar el mismo estado final aunque partamos de condiciones iniciales diferentes. Comparemos un proceso equifinal, típico del sistema abierto, con otro proceso que no lo es, como en los sistemas cerrados.
En cualquier sistema cerrado, el estado final está inequívocamente determinado por las condiciones iniciales, o sea que si se alteran estas condiciones iniciales o el proceso, el estado final cambiará también. Ejemplos: a) la posición final de un planeta está determinada por su posición inicial; b) en el equilibrio químico, las concentraciones finales de los compuestos reaccionantes depende naturalmente de las concentraciones iniciales. Si éstas se cambian, también cambiarán las concentraciones finales.
En cambio en los sistemas abiertos aparece la equifinalidad, de particular importancia en los mecanismos de regulación biológica:

en ellos se puede alcanzar el mismo estado final aunque se parta de diferentes condiciones iniciales, o sea que si se cambian las condiciones iniciales el organismo podrá desembocar en el mismo estado final siguiendo, obviamente, caminos distintos. Por ejemplo: el mismo resultado final (un erizo de mar normal) puede alcanzarse tanto a partir de un cigoto completo, como de cada mitad de un cigoto, o como de la fusión de dos cigotos (estados iniciales distintos) (40, 150). Lo mismo sucede en hidroides y planarias. Otro ejemplo es la llegada a un tamaño final definido a partir de distintos tamaños iniciales y después de recorrer itinerarios de crecimiento diferentes (137).

El principio de equifinalidad apunta, entonces, a mostrar que en un sistema abierto puede haber varias maneras de llegar al mismo fin. Es un sistema flexible, no rígido como el sistema cerrado, donde el proceso está limitado o fijado por su propia estructura de acuerdo a patrones específicos de relación causa-efecto.

Puede aquí aclararse que, en los sistemas cerrados, el estado final se llama estado de equilibrio, y en los sistemas abiertos se llama estado uniforme (véanse estos términos), de manera que en la equifinalidad, el sistema tiende hacia un estado uniforme.

Von Bertalanffy da también una definición matemática de equifinalidad (137): un sistema de elementos Qi (x, y, z, t) es equifinal en cualquier subsistema de elementos Qj si las condiciones iniciales Qio (x, y, z) pueden cambiarse sin cambiar el valor de Qj (x, y, z, infinito). Se trata siempre de la misma idea, sólo que expresada en lenguaje matemático.

2. *Equifinalidad y crecimiento*.- La equifinalidad aparece claramente en los procesos de crecimiento. Todo organismo tiende a alcanzar un mismo estado final (el tamaño típico de su especie), aun cuando parta de condiciones iniciales diferentes o aunque el proceso de crecimiento se vea ocasionalmente entorpecido o interrumpido, por ejemplo por una deficiencia vitamínica (141, 154). Al menos algunos procesos de crecimiento son equifinales, es decir que se alcanzan los mismos valores finales en diferentes tiempos. Aun sin prueba matemática estricta, se ve intuitivamente que esto no sería

FOR AUTHOR USE ONLY

posible si la tasa de crecimiento dependiera directamente del tiempo pues, de ser este el caso, no podrían darse tasas diferentes en tiempos dados, como pasa a veces (180).

3. Conceptos similares.- La equifinalidad debe ser distinguida de otros tipos de finalidad, especialmente de la directividad estructural y de la intencionalidad (80-81).

Equifinalidad y directividad estructural.- Ambos procesos son observables en los sistemas vivos, donde la directividad estructural se manifiesta por ejemplo como homeostasis. La diferencia está en que la directividad estructural, como su nombre lo indica, depende de la estructura misma del organismo para lograr su fin, mientras que la equifinalidad implica procesos que no pueden basarse en estructuras o mecanismos preestablecidos. Si así fuera, cambiando la estructura de un cigoto transformándolo en una mitad, no se obtendría el mismo estado final (o sea el organismo tal como es al nacer). Además, la directividad estructural puede estar presente en máquinas creadas por el hombre, pero la equifinalidad no. Las máquinas son estructuralmente rígidas, los organismos son flexibles.

Equifinalidad e intencionalidad.- La equifinalidad es propia de todo sistema vivo, mientras que la genuina intencionalidad es exclusiva del hombre y está posibilitada por el desarrollo de su sistema simbólico: un cigoto no sabe 'mentalmente' que debe evolucionar hacia un organismo normal ni puede hacer experimentos mentales meditando acerca de 'qué pasaría si...'. La intencionalidad implica en cambio que la meta está prevista por el pensamiento.

FOR AUTHOR USE ONLY

EQUILIBRIO, PRINCIPIO

Uno de los cuatro principios básicos que fundan la psicología del hombre-robot, según el cual el comportamiento implica esencialmente una reducción de tensiones, con el objeto de retornar al equilibrio anterior (199).

1. Definición.- El principio de equilibrio es, junto a los principios de estímulo-respuesta, del ambientalismo y de economía, uno de los cuatro pilares de las llamadas psicologías del hombre-robot, dentro de las cuales von Bertalanffy incluye teorías tan diversas como el conductismo y el psicoanálisis.
Formulado freudianamente, es el "principio de estabilidad": la función básica del aparato mental consiste en mantener un equilibrio homeostático. Si se incrementan las tensiones, particularmente las sexuales en el caso del psicoanálisis, estas deben descargarse para recuperar el equilibrio perdido. Si se alivian las tensiones mediante la promiscuidad y otros recursos, se tendrán seres humanos normales y satisfechos (199).

2. Críticas.- Biológicamente, la vida no es mantenimiento o restauración de equilibrio sino mas bien mantenimiento de desequilibrios, según revela la doctrina del organismo como sistema abierto. Alcanzar el equilibrio significa la muerte. Psicológicamente, el comportamiento no sólo tiende a aflojar tensiones sino que también las establece. Para ser más concretos, el hombre no desarrolla solamente, conductas para sobrevivir él mismo o su especie (que implican satisfacción de necesidades y por tanto reducción de tensiones), sino que hay una extensa gama de comportamientos irreductibles a principios utilitarios de adaptación del individuo y conservación de la especie como por ejemplo la escultura, la pintura, la música y, en general, cualquier aspecto de la cultura. Considerada como adaptación, la creatividad sería un fracaso, una enfermedad y una desdicha (200, 201).
Sobre esta base, von Bertalanffy sugiere revisar el concepto de 'stress'. Este mecanismo no está relacionado solamente con un retorno al equilibrio adaptativo, sino que también crea vida superior. Si, luego de ser perturbada desde afuera, la vida volviera ni más ni menos a lo que se llama equilibrio homeostático, nunca habría progresado más allá de la ameba (201).

FOR AUTHOR USE ONLY

ESTABILIDAD

Es la capacidad de un sistema para responder a las perturbaciones. Cuanto más pueda contrarrestar o compensar las perturbaciones, o cuanto mayores son las perturbaciones compensadas, más estable es el sistema (265).

1. Concepto.- La idea de estabilidad procede de la mecánica. Ejemplos: a) un cuerpo rígido está en equilibrio 'estable' si retorna a su posición original luego de un desplazamiento suficientemente pequeño (perturbación); b) un movimiento es 'estable' si es insensible a perturbaciones leves.
La idea de estabilidad puede generalizarse a los 'movimientos' de las variables de estado de un sistema y, prescindiendo de ciertas consideraciones matemáticas, podemos afirmar que un sistema es estable cuando puede compensar las perturbaciones, básicamente mediante un mecanismo de control o retroalimentación (265-266).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Ejemplos.- Entre los posibles comportamientos de un sistema descritos geométricamente, se encuentran como ejemplos el comportamiento asintóticamente estable y el comportamiento neutralmente estable. A los efectos de la TGS tienen especial importancia los primeros, que presentan dos características básicas: a) se acercan a un estado independiente del tiempo transcurrido, y b) la compensación implica alcanzar un estado de equilibrio o un estado uniforme, según se haga referencia a sistemas cerrados o sistemas abiertos, respectivamente (264,265).

ESTADO

Situación en la que se encuentra o podría encontrarse un sistema en un momento determinado. Así por ejemplo hay estados permanentes y estados momentáneos, estados iniciales, estados intermedios y estados finales, etc., pero la

distinción más importante se establece, en el contexto de la TGS (39, 129, 165), entre el estado de equilibrio y el estado uniforme.

1. Concepto.- Von Bertalanffy define 'estado' solamente en forma contextual, vale decir su significado surge de las expresiones donde emplea dicho término. El estado de un sistema es la situación en la cual se encuentra o podría encontrarse en un instante de tiempo elegido en parte convencionalmente. De hecho, un mismo estado puede ser visto como estado inicial en relación con los momentos subsiguientes, o como estado final en relación con los anteriores. Desde ya, el concepto de 'estado' presupone la idea que los sistemas evolucionan o cambian, lo que significará que pasan de un estado a otro distinto.

2. Tipos.- Se pueden diferenciar los sistemas cerrados y abiertos recurriendo a la noción de 'estado', de dos maneras distintas:
a) Los sistemas cerrados llegan a un estado final a partir de un único y determinado estado inicial. En cambio, los sistemas abiertos pueden llegar al mismo estado final desde diferentes estados iniciales, lo que constituye una importante característica de los mismos que es la equifinalidad.
b) En los sistemas cerrados, el estado final hacia el cual tienden se denomina 'estado de equilibrio químico y termodinámico', o, más sencillamente, 'estado de equilibrio'. En cambio en los sistemas abiertos, el estado final hacia el cual tienden se denomina 'estado uniforme', un término creado ad hoc por von Bertalanffy y cuyas traducciones al inglés y al alemán son, respectivamente, 'steady' (39) y 'Fliessgleichgewicht' (165).
El autor citado no utiliza una terminología única. Por ejemplo, a veces se refiere al estado uniforme como estado de equilibrio dinámico (136), estado de equilibrio estacionario (127), estado cuasiuniforme (125), o estado cuasiestacionario (126, 138). En la presente obra se adopta por lo regular las denominaciones 'estado de equilibrio' y 'estado uniforme' para los sistemas cerrados y

FOR AUTHOR USE ONLY

abiertos, respectivamente, aun cuando el significado original de dichos términos no reflejen con total exactitud sus diferencias.

ESTADO DE EQUILIBRIO

Estado final hacia el cual evolucionan los sistemas cerrados, y que se encuentra determinado por las condiciones iniciales de partida. El estado de equilibrio se basa en reacciones reversibles, y su mantenimiento no requiere energía (129). El estado de equilibrio es, más específicamente, un estado de equilibrio químico y termodinámico.

1. Generalidades.- Cuando von Bertalanffy habla de 'estado de equilibrio', generalmente se refiere al estado hacia el cual evolucionan los sistemas cerrados y, en este sentido, lo opone al 'estado uniforme' de los sistemas abiertos. Sin embargo, a veces utiliza como sinónimo de estado uniforme la expresión 'estado de equilibrio dinámico' (136), por lo que cabe suponer que el llamado 'estado de equilibrio' de los sistemas cerrados remite a un equilibrio estático. El equilibrio dinámico no sería entonces un 'verdadero' o 'auténtico' equilibrio sino un permanente proceso de desequilibramiento y reequilibramiento. Esto es lo que von Bertalanffy quiere decir cuando afirma que, en realidad, el estado uniforme es básicamente un estado de desequilibrio (219).
Piaget, por ejemplo, establece una terminología similar al distinguir un equilibrio estático (propio de las concepciones gestálticas) y un equilibrio dinámico (propio de las concepciones psicogenéticas). Conceptualmente, es posible homologar las ideas de von Bertalanffy con las de Piaget.

2. Características.- El estado de equilibrio tiene una serie de características que lo distinguen del estado uniforme. El lector puede consultar el artículo *Estado uniforme*, así como también el referente a la ley de acción de masas (ver *Sistema químico*), ya

FOR AUTHOR USE ONLY

que esta última ley constituye un ejemplo paradigmático de funcionamiento con tendencia hacia estados de equilibrio.

ESTADO UNIFORME

Estado final hacia el cual tienden los sistemas abiertos, mientras persista la vida, sean cual fuesen las condiciones iniciales de partida (esto es, exhibe equifinalidad). El estado uniforme se basa en reacciones en gran parte irreversibles, y su mantenimiento requiere aporte energético del exterior (129). Von Bertalanffy designa a veces el estado uniforme como estado de equilibrio dinámico (136), estado de equilibrio estacionario (127), estado de equilibrio dinámico estacionario (135), estado cuasiuniforme (125) o estado cuasiestacionario (126, 138).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Generalidades.- El estado uniforme ('steady' en inglés, "Fliessgleichgewicht' en alemán) es un término introducido por von Bertalanffy que remite a una idea fundamental, tal vez la más importante, dentro de la Teoría General de los sistemas abiertos, a punto tal que llega a sugerir que en ella se encuentra el secreto de la vida. En efecto, todas las características de los sistemas vivos, tales como metabolismo, crecimiento, desarrollo, autorregulación, reproducción, estímulo-respuesta, actividad autónoma, etc., son en definitiva consecuencias del hecho básico de la tendencia del organismo viviente hacia un estado uniforme (163).

En 1967 (época en que von Bertalanffy escribía esto), no se disponía de un criterio termodinámico que definiera 'estado uniforme' en sistemas abiertos, de modo parecido a como la entropía máxima definía el estado de equilibrio en los sistemas cerrados (157). No obstante esta limitación, se procurará delimitar este concepto enumerando una serie de características básicas que están presentes en los estados uniformes.

2. Características.- Cabe enumerar algunas características importantes del estado uniforme, y al mismo tiempo trazar las correspondientes diferencias con el estado de equilibrio. Estas características se examinan aquí por separado a los efectos de una mejor comprensión del tema: el lector no debe obviar una visión de conjunto de este complejo problema, para la cual se irán suministrando algunas pistas esclarecedoras.

a) Sistema abierto-sistema cerrado.- El estado uniforme es una característica de los sistemas abiertos: éstos 'pueden' alcanzar, en ciertas condiciones, un estado independiente del tiempo que se llama 'estado uniforme', por oposición al estado de equilibrio químico y termodinámico, que es un estado también independiente del tiempo y que 'deben' alcanzar los sistemas cerrados (165).

b) Vida-muerte.- Lo anterior no significa que los sistemas abiertos tiendan 'siempre' hacia un estado uniforme. Tienden hacia él en la medida que el sistema se mantenga vivo. Pero tarde o temprano el organismo muere, en cuyo caso cesará su tendencia hacia un estado uniforme y comenzará inmediatamente su camino hacia un estado de equilibrio típico de los sistemas cerrados. Von Bertalanffy indica que un sistema abierto se mantiene sin alcanzar, mientras la vida dure, un estado de equilibrio químico y termodinámico, sino manteniéndose en un estado llamado uniforme (39).

FOR AUTHOR USE ONLY

La vida no se explica entonces en términos de entidades metafísicas (ver *Vitalismo*), sino en términos de capacidad para tender hacia el estado uniforme. El hecho de que un sistema abierto, como un ser vivo, tienda finalmente hacia un estado de equilibrio, puede ser explicado desde varios ángulos, como por ejemplo afirmando que cumple con la segunda ley de la termodinámica, o que el sistema vivo posee sub-sistemas que tienden hacia el estado de equilibrio y que terminan por predominar sobre el estado uniforme, etc. A este último respecto, von Bertalanffy (125) indica que en el organismo se dan sistemas en equilibrio, pero el organismo como tal no puede ser considerado como un sistema en equilibrio (o en estado de equilibrio).

En la vida cotidiana suelen emplearse los términos 'evolución' e 'involución' para designar, respectivamente, la tendencia hacia un

orden y organización crecientes, y la tendencia hacia un desorden y desorganización crecientes. Un embrión o un niño 'está evolucionando', un anciano 'está involucionando'. En la terminología de von Bertalanffy, podría decirse que en la 'evolución' predomina la tendencia hacia un estado uniforme, y en la 'involución' empieza a dominar la tendencia hacia un estado de equilibrio.

Estos conceptos podrán ser aclarados con mayor detalle a partir de otras características como las que siguen.

c) Estática y dinámica de los sistemas abiertos.- Los sistemas abiertos pueden ser estudiados desde ambos puntos de vista: estático, es decir el mantenimiento del sistema en un estado independiente del tiempo, y dinámico, vale decir los cambios del sistema con el tiempo (165).

Punto de vista estático.- Existe en el universo una tendencia hacia la desorganización y al desorden crecientes, como lo revela la termodinámica clásica. Pero, ¿existe alguna situación donde se pueda detener, aunque sea momentáneamente, esta tendencia universal hacia la llamada entropía positiva? Sí. Ello ocurre cuando el sistema -específicamente un ser viviente- incorpora materia rica en energía del exterior, por ejemplo a través del alimento.

FOR AUTHOR USE ONLY

Esa energía libre, o al menos parte de ella, está destinada a mantener un alto grado de orden, y hasta permitir el avance hacia órdenes superiores, cosa termodinámicamente permitida (166). Por ejemplo, cuando una persona estudia está gastando energía en ordenar sus pensamientos, o cuando el embrión incorpora los nutrientes de la madre utiliza esa energía en poner orden en su estructura, pasando de un estado de indiferenciación ('amontonamiento' de células indiferenciadas) a otro estado donde las diversas células se agrupan en tejidos y estos en órganos, vale decir, de un estado de desorden a otro de orden. Se trata de energía utilizable, útil, de una energía capaz de producir trabajo. Así, indica von Bertalanffy que el estado uniforme es mantenido separado del equilibrio verdadero (estado de equilibrio) y así está en condiciones de realizar trabajo (147).

Una vez que la materia cumplió su cometido de suministrar energía para estos procesos es eliminada, pero se incorporarán nuevos materiales energéticos que permitirán seguir manteniendo el orden, o aun aumentarlo. Es así que en un sistema abierto hay un continuo intercambio de componentes (importación y exportación de materia), una continua degradación y construcción de esos materiales y continuos procesos irreversibles, ¡a pesar de lo cual la composición del sistema se mantiene constante! en un estado llamado, por ello, estado uniforme (147, 165).

Por ejemplo, el lector se habrá preguntado alguna vez como puede ser que un organismo siga siendo más o menos igual cuando en cuestiones de meses han cambiado una gran proporción de sus componentes materiales o de sus células, o como puede ser que la sociedad humana (un país, una cultura) siga siendo más o menos igual en cuestiones de décadas cuando es sabido que los nuevos millones de personas son totalmente distintos a los viejos millones de personas que había 100 años antes. A pesar de la continua generación y destrucción de los elementos componentes, el sistema tiene la tendencia a mantenerse en un estado uniforme, gracias a los aportes de energía de los materiales ingresantes.

FOR AUTHOR USE ONLY

Puede detallarse un poco más el problema de la energía en los sistemas químicos cerrados y en los abiertos (129,130). Un sistema cerrado en equilibrio no requiere energía para su preservación, ni puede obtenerse energía de él. Un depósito cerrado puede tener almacenada gran cantidad de energía pero es energía potencial, no sirve para realizar trabajo, como por ejemplo para hacer funcionar un motor. Lo mismo pasa con un sistema químico en estado de equilibrio. A pesar de no estar en estado de reposo, porque continuamente están produciéndose reacciones en uno y otro sentido (reversibles) reguladas por la ley de acción de masas, es incapaz sin embargo de realizar trabajo. Para mantener los procesos en marcha no se requiere trabajo ni puede obtenerse trabajo de ellos. La suma algebraica del trabajo obtenido de las reacciones y el empleado por ellas es igual a cero.

A fin de realizar trabajo es necesario que el sistema no esté en un estado de equilibrio sino que tienda a alcanzarlo; sólo entonces

puede obtenerse energía. A fin de conseguir esto continuamente, hay que disponer estacionariamente los sistemas (de aquí el nombre estado estacionario para designar al estado uniforme), o sea hay que mantener un fluir uniforme de sustancias químicas cuya energía se pueda transformar en trabajo. Esto se consigue en un sistema abierto, importador de energía del medio. El aparente 'equilibrio' de un organismo no es un verdadero equilibrio incapaz de producir trabajo, es un seudoequilibrio dinámico (llamado estado uniforme), mantenido constante a cierta distancia del equilibrio genuino (o estado de equilibrio), y con ello capaz de producir trabajo. El continuo suministro exterior de energía le permite guardar siempre una distancia con respecto al equilibrio verdadero o estado de equilibrio.

Para mantener el 'equilibrio dinámico' del estado uniforme es preciso que las velocidades de las reacciones estén bien armonizadas. Sólo así es posible que algunos componentes sean demolidos y puedan liberar energía utilizable, en tanto que por otro lado la importación o ingresos de sustancias impide al sistema alcanzar el equilibrio. Las reacciones rápidas, incluso en el organismo, conducen, sí, al equilibrio químico, pero las reacciones lentas persisten en estado uniforme, de manera que éste exige cierta lentitud en las reacciones. Una reacción muy veloz llega rápido al equilibrio y no da tiempo a que el ingreso de energía desequilibre el sistema. Reacciones 'instantáneas', como las que se dan entre iones, llevan al equilibrio en un tiempo 'infinitamente corto'.

FOR AUTHOR USE ONLY

Von Bertalanffy agrega aquí que el mantenimiento de un estado uniforme en el organismo se debe a la presencia de carbono, pues por un lado es rico en energía, pero por otro es químicamente inerte (no reacciona químicamente en forma directa) de modo que es posible mantener un abundante potencial químico; por otra parte, la rápida y regulada liberación de esta cantidad de energía se debe a la acción de las enzimas (catalizadores biológicos), con lo cual se mantiene el estado uniforme.

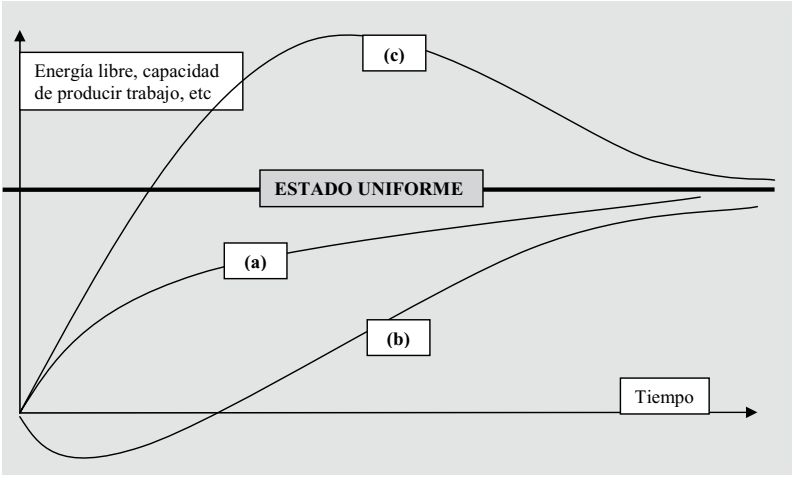
Punto de vista dinámico.- Los sistemas vivos, sin embargo, nunca se mantienen exactamente iguales en el tiempo, sino que sufren

cambios, los cuales pueden ser de dos tipos (166): a) un cambio puede darse porque el organismo está inicialmente en un estado inestable y tiende espontáneamente hacia un estado uniforme mediante una actividad autónoma. A grandes rasgos, estos son los fenómenos de crecimiento y desarrollo (219), pero hay ejemplos más específicos como por ejemplo los procesos periódicos que también se originan en el sistema mismo y son así autónomos, como los movimientos automáticos de los órganos de la respiración, la circulación y la digestión, movimientos automáticos del organismo en su conjunto, etc. (125). b) El estado uniforme puede a su vez ser perturbado por estímulos exteriores (fenómenos de adaptación y estímulo-respuesta).

d) Exceso y falso arranque.- Mientras que los sistemas cerrados suelen tender hacia estados de equilibrio siguiendo un curso asintótico, en los sistemas abiertos pueden darse además de un curso asintótico hacia el estado uniforme fenómenos de exceso y de falso arranque como se ve en muchos procesos fisiológicos (147, 166). En el esquema adjunto se pueden visualizar los fenómenos de exceso y arranque en falso (c y b), además de la evolución asintótica hacia el estado uniforme (a).

FOR AUTHOR USE ONLY

Evoluciones hacia el estado uniforme (esquema ligeramente modificado del original, von Bertalanffy, 149)



En el esquema, se aprecia que todo sistema abierto tiende hacia un estado uniforme, y puede hacerlo, esquemáticamente, de tres maneras distintas: a) aproximándose cada vez más hacia el estado uniforme ideal (aproximación asintótica). b) Por falso arranque, donde al principio el proceso evoluciona en dirección opuesta, pero luego se reencamina hacia el estado uniforme. Por ejemplo, si a una rata se le interrumpe el suministro de vitaminas empieza a crecer menos e incluso puede morir (dirección opuesta al estado uniforme), pero al suministrársele vitaminas termina retomando el estado uniforme (148). Otro ejemplo: una persona gravemente enferma corre el riesgo de morirse, pero ciertos mecanismos propios de organismo pueden hacer que se restablezca: arrancó en falso pero luego se recuperó. c) Por exceso: caso inverso del anterior. Von Bertalanffy indica que las evoluciones por exceso también aparecen en numerosos procesos fisiológicos (147,148, 166).

El esquema ilustra también la propiedad de los sistemas abiertos denominada equifinalidad: un sistema abierto puede alcanzar el mismo estado final (estado uniforme), aunque parta de diferentes condiciones iniciales (las correspondientes a las tres curvas trazadas).

FOR AUTHOR USE ONLY

e) Catalizadores.- Los catalizadores son agentes influyen en una reacción química (posibilitándola, acelerándola, retardándola, etc.). En los sistemas cerrados no hay catalizadores, es decir las reacciones químicas seguirán un desarrollo sin perturbaciones hacia un estado de equilibrio químico, espontáneamente. En los sistemas abiertos, en cambio, la presencia de catalizadores direccionan las reacciones químicas hacia un estado uniforme y están vinculadas, por tanto, con el mantenimiento de la vida (147). De alguna forma, las reacciones químicas en el ser vivo no evolucionan espontáneamente hacia un estado de equilibrio sino hacia un estado uniforme, alejado del primero, y para cuyo mantenimiento se requiere un gasto energético (153); ya se había dicho que esta energía se extrae de la materia que el organismo incorpora con el fin de mantener el estado uniforme, sea a través de una actividad espontánea (crecimiento, desarrollo, etc.), sea

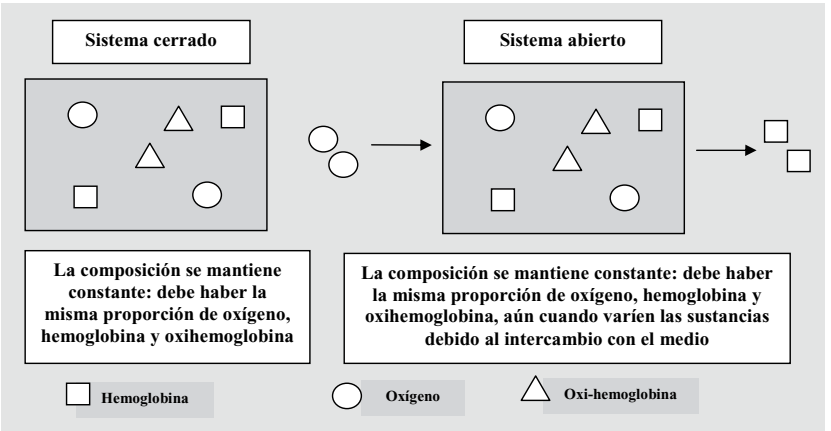
como respuesta a estímulos externos (adaptación). El organismo viviente está entonces en condiciones de dedicar energía a la actividad espontánea o en respuesta a estímulos desencadenantes (219).

f) Reversibilidad-irreversibilidad (129, 135).- Mientras en un sistema cerrado el estado de equilibrio se alcanza mediante reacciones químicas reversibles, en un sistema abierto el estado uniforme se alcanza mediante reacciones en parte irreversibles, es decir, hay productos de la reacción que no vuelven a transformarse en las sustancias reaccionantes. Para decirlo de otra forma: en un sistema cerrado la sustancia A se transforma en B y ésta nuevamente en A (reversibilidad) hasta un punto donde cada sustancia tiene una determinada concentración, momento en el cual se alcanza el estado de equilibrio (ley de acción de masas). En un sistema abierto, una sustancia A se transforma en B pero luego no se transforma nuevamente en A (irreversibilidad), con lo cual no cabe hablar de equilibrio químico, que implica la idea de reversibilidad (134-135).

g) Composición constante.- Tanto en sistemas cerrados como en los abiertos, la proporción entre los diferentes componentes es constante, sólo que en los abiertos tal constancia existe aun cuando haya un permanente intercambio de materiales con el medio (124-125).

FOR AUTHOR USE ONLY

Composición constante en sistemas cerrados y abiertos



En el esquema, se aprecia que en la sangre la proporción entre oxígeno, hemoglobina y oxihemoglobina se mantiene constante en un estado de equilibrio explicable por la ley de acción de masas (sistemas cerrados). La misma situación se da en los sistemas abiertos, a pesar de que continuamente esté entrando oxígeno desde afuera y continuamente haya un recambio de hemoglobina (por destrucción y fabricación de glóbulos rojos). Vale decir, en el estado uniforme hay constancia de composición con recambio de componentes (127). Precisamente el metabolismo no es más que un balance entre procesos anabólicos y catabólicos (o de asimilación y disimilación) a los efectos de mantener un estado uniforme: es lo que se llama la autorregulación metabólica (127-128).

Estos ejemplos ilustran la afirmación de que un sistema abierto como lo es el organismo viviente, contiene dentro de sí numerosos sub-sistemas (o sistemas parciales aislados) que pueden considerarse como cerrados, pero que, tomado en su conjunto, es sin embargo abierto, tendiendo hacia un estado uniforme (127).

FOR AUTHOR USE ONLY

ESTÍMULO-RESPUESTA

El esquema E-R es uno de los cuatro principios básicos que fundan la psicología del hombre-robot, según el cual el comportamiento animal y humano debe ser reducido a respuestas a estímulos llegados desde el exterior (198). La TGS se opone a esta concepción del hombre como organismo pasivo cuya conducta es básicamente reactiva.

1. Concepto.- El concepto de 'esquema estímulo-respuesta', o más simplemente 'esquema E-R', implica considerar al comportamiento animal y humano como respuesta a estímulos externos. Según esta concepción, el esquema E-R en parte se basa en mecanismos neuronales heredados, como en los reflejos y la conducta instintiva. Pero la parte más importante de la conducta humana son

respuestas adquiridas o condicionadas, que también se inscriben dentro del esquema E-R. Von Bertalanffy incluye en estas últimas diversos tipos de condicionamiento: a) el condicionamiento clásico de Pavlov, que opera por repetición de la sucesión de estímulos condicionados e incondicionados; b) el condicionamiento operante de Skinner, fundado en el reforzamiento de las respuestas atinadas; y c) lo que von Bertalanffy califica como 'condicionamiento con trasfondo psicoanalítico', fundado en las experiencias tempranas de la infancia y que hace que, por ejemplo, la publicidad nos programe para comprar un refrigerador explotando su carácter de símbolo del vientre materno.

2. Críticas.- El esquema E-R, que junto a los principios del ambientalismo, de la economía y del equilibrio, constituyen la base de las psicologías del hombre-robot antes mencionadas, es fácilmente criticable, ya que deja sin explicación una gran parte del comportamiento humano que es expresión de actividades espontáneas como el juego, la conducta exploratoria, la autorrealización y cualquier forma de creatividad (111, 200).
El esquema E-R es además, en cuanto a sus consecuencias prácticas, muy peligroso (52, 112) en tanto sea considerado como herramienta de los sistemas totalitarios que intentan transformar al hombre en una máquina bien aceitada y ajustada al entorno social. Es un hecho que los logros científicos se dedican tanto o más al uso destructivo que al constructivo.

FOR AUTHOR USE ONLY

ESTRUCTURA

Según von Bertalanffy, todo sistema tiene un aspecto de estructura y un aspecto de funciones o procesos que lleva a cabo merced a la primera. El aspecto estructural enfatiza el sistema como conjunto de partes, y está estrechamente vinculado al aspecto funcional, por lo que no tiene sentido la antigua oposición que se hacía entre ambos (26, 170, 267). La línea europea de pensamiento se ha centrado más en las

estructuras que en los sistemas, aun cuando muchas veces ambos términos se refieren a lo mismo. Por ello en dicho contexto de ha hablado de estructuralismos, entendiendo por tales corrientes que han propuesto la idea de estructura como medio para la comprensión científica de la realidad, especialmente de la realidad social.

No es lo mismo sistema que estructura. Un sistema, por ejemplo una célula, no puede definirse simplemente como una estructura, es decir, entenderla como un conjunto de partes relacionadas espacialmente, sino además como una entidad capaz de interactuar con el ambiente y/o de modificarse internamente para cumplir determinadas funciones o finalidades. El aspecto estructural es mas bien estático, y el funcional, dinámico.

Von Bertalanffy critica la vieja antítesis entre 'estructura' y 'proceso', que deberá acabar resolviéndose dialécticamente en una nueva síntesis (170). En última instancia, estructura (como orden jerárquico de partes) y función (como orden jerárquico de procesos) pudieran ser la misma cosa: en el mundo físico la materia se disuelve en un juego de energías, y en el mundo biológico las estructuras son expresión de una corriente de procesos (26).

FOR AUTHOR USE ONLY

Además, en el caso de la directividad estructural (Ver *Finalidad*), una disposición estructural conduce el proceso de tal forma que es logrado determinado fin, aunque en otros casos, como la equifinalidad, los procesos aparecen como relativamente independientes de la estructura, si se entiende ésta como mecanismos fijos y predeterminados (80-81). En la equifinalidad, podría entenderse, es el proceso quien va configurando la estructura.

Von Bertalanffy relaciona también los aspectos estructurales con los aspectos internos del sistema, y los funcionales con sus aspectos externos. Así, la descripción interna de un sistema es esencialmente 'estructural', es decir, procura describir el comportamiento del mismo en términos de variables de estado y de su interdependencia. La descripción externa es 'funcional', es decir describe el comportamiento del sistema por su interacción con el

medio sin discernir las variables internas, o sea, considerándolo como una 'caja negra' (267).
Mientras los enfoques sistémicos se centran en el sistema, los enfoques estructuralistas lo hacen sobre la estructura. Von Bertalanffy considera que las corrientes estructuralistas francesas y la TGS tuvieron desarrollos independientes, lo que viene a demostrar una vez más, para este autor, el 'paralelismo entre principios cognoscitivos generales en campos diferentes' (XIII). Específicamente, dentro del estructuralismo francés cita a Piaget y a Lévi-Strauss, aunque también podríamos incluir dentro del estructuralismo en general a pensadores como De Saussure y Chomsky (en lingüística), Trubetzkoy (en fonología), Lacan (en psicoanálisis), Barthes (en crítica literaria), y muchos otros.

EXISTENCIALISMO

FOR AUTHOR USE ONLY

> **Como concepción psicológica, se trata de una visión totalista del hombre que incorpora variables como el sentido o el sinsentido de la vida, la autorrealización, etc., con lo cual se busca mostrar que la realidad humana es compleja y que el comportamiento humano no puede ser reducido a una simple satisfacción de impulsos biológicos, o a intentos por mantener un equilibrio psicológico y social en el restringido sentido homeostático (112,113).**

Aunque von Bertalanffy critica el lenguaje oscuro -poco científico- que suelen utilizar los existencialistas, y sus planteos acerca de que la condición humana cae más allá de la comprensión científica (197), rescata de esta postura su visión holista (totalista) del hombre, la idea de un sistema activo de personalidad que implica una reorientación de la psicología hacia la teoría de los sistemas, opuesta a las concepciones psicológicas del hombre-robot, que pretendían reducir los acontecimientos mentales y el comportamiento a un manojo de sensaciones, pulsiones,

reacciones innatas y aprendidas, o cualesquiera elementos últimos fuesen presupuestos teóricamente.
En este sentido, la psicología existencial comparte este mérito con las psicologías del desarrollo de Piaget y Werner, con varias escuelas neofreudianas, con la psicología del yo, con los nuevos puntos de vista sobre la percepción y la cognición, con las teorías de la personalidad de Allport y Maslow, etc. (202).

EXPLICACIÓN

En general, explicar significa responder a un 'porqué', y más específicamente significa incluir o subsumir un fenómeno bajo una ley. En el uso que da von Bertalanffy de este término, la explicación no difiere del sentido anterior y se aplica a todo proceso en el cual se intenta describir una determinada clase de fenómenos a partir de ciertas leyes específicas y de ciertas condiciones dadas. Un caso especial de explicación es la llamada 'explicación en principio'.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Definición.- Explicar un objeto determinado o una clase de objetos significa describirlo a partir de leyes y condiciones específicas. Por ejemplo, a partir de las leyes del equilibrio químico, de las leyes del crecimiento de un organismo, etc. (87), pueden explicarse los correspondientes fenómenos.
La explicación constituye el tercero de los tres niveles de descripción de los fenómenos en el contexto de la TGS (86), junto con la analogía y la homología (véanse estos términos). La explicación debe distinguirse especialmente de la homología: ésta última se refiere a correspondencias formales entre fenómenos, mientras que la explicación alude a leyes específicas en común entre los mismos, aun cuando sea posible "que también leyes específicas exhiban correspondencias formales u homologías" (88).
Un ejemplo para distinguir explicación de homología puede ser el siguiente: los líquidos en movimiento y los potenciales eléctricos son fenómenos homólogos en cuanto por ejemplo en ambos se

verifican gradientes, pero se explican de manera diferente porque para cada uno se recurre a leyes distintas: las leyes de la hidrodinámica y las leyes de la electricidad, respectivamente.

2. Clasificación.- Las explicaciones pueden ser cuantitativas o cualitativas, según introduzcan o no variables medibles numéricamente. Von Bertalanffy plantea que las primeras son preferibles a las segundas, son 'más explicativas', pero, a pesar de ello y si no hay alternativa, una explicación cualitativa es mejor que una falta de explicación (36, 117). Ello ocurre cuando la cuantificación es imposible. En tales casos e inclusive si los componentes están mal definidos, puede al menos esperarse que algunos principios sean aplicables cualitativamente al total como sistema (110). La explicación cualitativa no es, por otra parte, exclusiva de las ciencias sociales, sino que también existe en campos como la meteorología y la teoría de la evolución (117).

Tomando una denominación del economista Hayek que data de mediados del siglo XX, a las explicaciones cualitativas se las puede llamar "explicaciones en principio" (36, 117). Hayek sostiene que los profesores de economía no son millonarios, es decir, saben explicar bien los fenómenos económicos 'en principio', pero no llegan a predecir fluctuaciones de la bolsa con respecto a determinadas participaciones o fechas. Al respecto von Bertalanffy señala que si se consiguieran insertar los parámetros necesarios [en forma cuantitativa], la explicación 'en principio', en términos de la TGS pasaría a ser una teoría estructuralmente análoga a una teoría física (36).

Hay muchas organizaciones que no se prestan fácilmente a interpretaciones cuantitativas. La teoría de los equilibrios biológicos o la teoría de la selección natural son correctas y legítimas, pero no resultan fáciles de aplicar porque los parámetros escogidos, tales como el valor selectivo o el ritmo de destrucción y generación no son sencillos de medir [numéricamente] (48).

FOR AUTHOR USE ONLY

FILOSOFÍA DE LOS SISTEMAS

Parte de la TGS en sentido amplio. Se ocupa de la reorientación del pensamiento y la visión del mundo resultante de la introducción del 'sistema' como nuevo paradigma científico, y como tal, abarca tres partes: la ontología de sistemas, la epistemología de sistemas y la teoría de los valores (XV-XVII).

La Filosofía de Sistemas, junto con la Ciencia de los sistemas y la Tecnología de los sistemas, es una de las tres partes de la TGS en sentido amplio. Se refiere a la nueva cosmovisión resultante de introducir el paradigma sistémico, o sea una 'nueva filosofía de la naturaleza' que contrasta con la visión mecanicista del mundo que había imperado hasta entonces. Las tres partes de la Filosofía de los sistemas son la Ontología de sistemas (Ver *Ontología de sistemas*), la Epistemología de sistemas (Ver *Epistemología de sistemas*), y la teoría de los valores, y que podría aquí llamarse 'axiología' de sistemas (ver *Valor*).

FOR AUTHOR USE ONLY

FINALIDAD

Propiedad formal de los sistemas en general, según la cual están o parecen estar orientados hacia un fin o meta. Bajo este concepto se incluyen una gran diversidad de fenómenos explicables en términos de directividad, teleología, adaptación, adecuación, homeostasis, equifinalidad, intencionalidad, etc. (77-82). Von Bertalanffy (46, 95) no parece establecer una distinción importante entre los términos finalidad y teleología, razón por la cual a los efectos prácticos se considerarán sinónimos. Los vocablos restantes tienen en general definiciones específicas, y son en general planteados como tipos de finalidad (80,82).

1. Generalidades.- Muchos fenómenos, y especialmente los estudiados por la biología y la psicología, suscitaron en filósofos y científicos la hipótesis según la cual aquellos se comportan como si intentaran alcanzar una meta prevista, es decir, que pueden expresarse en términos de acontecimientos dependientes de un estado futuro final.
Von Bertalanffy no da explícitamente una definición del término 'finalidad'. En su lugar, se embarca en una discusión del mismo en relación con las ideas de equilibrio y causalidad (77 a 79), y luego intenta una clasificación de los distintos tipos de finalidad que pueden encontrarse empíricamente (59 a 82).

2. Finalidad y equilibrio.- Ciertas formulaciones de la física tienen un carácter en apariencia finalista, como las abarcadas por el llamado 'principio de acción mínima' o principio del mínimo esfuerzo de la mecánica. Este principio sostiene que, en caso de perturbación, un sistema genera fuerzas que contrarrestan dicha perturbación y restauran el estado de equilibrio. Para Maupertuis, quien lo formuló, su principio era una prueba de que en la naturaleza, de los muchos posibles movimientos que se pueden realizar, se ejecuta sólo aquel que logra el máximo efecto con el mínimo esfuerzo.
FOR AUTHOR USE ONLY
Derivaciones del principio del mínimo esfuerzo son, por ejemplo el principio físico-químico de Le Chatelier y la regla de Lenz en electricidad: todos ellos apuntan a mostrar que un sistema tiende siempre a volver a su equilibrio perdido.
Von Bertalanffy sostiene que tal principio exhibe finalidad pero sólo en apariencia: el sistema no prevé un estado final de equilibrio y entonces lo busca, sino que, por las mismas leyes de funcionamiento del sistema, describibles matemáticamente, éste evolucionará espontáneamente hacia el estado final de equilibrio. Se trata del fin del proceso, no de una meta buscada. Si se tiende a ver en él una meta prevista es porque se lo está interpretando antropomórficamente (77,78).

3. Finalidad y causalidad.- Muchos filósofos han concebido la finalidad como lo inverso de la causalidad, en el sentido que la finalidad depende de una condición futura, mientras la causalidad de una condición pasada. Von Bertalanffy, que al principio creía lo mismo, criticará esta opinión diciendo que tal oposición no existe, y que la finalidad puede explicarse en términos de causalidad, y puede reducirse a ella (79).

Sobre la base de ciertas consideraciones matemáticas que aquí no se desarrollan, es posible mostrar que en ecuaciones diferenciales que describen procesos de crecimiento a lo largo del tiempo (por ejemplo el aumento de talla en los animales), tales procesos no quedan determinados por ningún estado final o venidero sino por las condiciones actuales, las que, entonces, operarían como causa del estado final, o efecto. Así, la dirección del proceso hacia un estado final no es algo que difiera de la causalidad, sino que es una expresión más de ella.

La referencia en ciertas ecuaciones a estados finales son cuestiones que inquietaron a algunos biólogos, quienes creyeron ver en tal orientación hacia fines una prueba de 'vitalismo', como si hubiera una fuerza vital que lleva a los procesos hacia un fin (15, 46, 78,79).

FOR AUTHOR USE ONLY

4. Tipos de finalidad.- Existen dos tipos fundamentales de finalidad: la teleología estática y la teleología dinámica. A los efectos de la TGS, son especialmente importantes los segundos, en los que se pueden discriminar cuatro variedades: a) Directividad 'tendencial' (von Bertalanffy no emplea este término); b) Directividad estructural; c) Equifinalidad; y d) Intencionalidad (80,82).

1) Teleología estática.- Llamada también adecuación, se trata de una disposición que parece útil para determinado propósito. Ejemplos: el pelaje sirve para mantener caliente el cuerpo, el mimetismo protege a los animales de sus enemigos, etc. (80). En el campo de las cosas hechas por el hombre, un abrigo en la medida en que permite protegerse del frío (81).

2) Teleología dinámica.- O directividad de procesos. Von Bertalanffy discrimina aquí cuatro tipos de fenómenos, que a menudo suelen confundirse:

a) Directividad 'tendencial': Es la dirección de acontecimientos hacia un estado final que puede ser expresado como si el presente comportamiento dependiera del estado final. Todo sistema que alcanza una condición independiente del tiempo se conduce de esta manera.

b) Directividad estructural: Acontecimientos en los cuales una disposición estructural conduce el proceso de tal forma que se logre determinado resultado. Ejemplos: las máquinas creadas por el hombre y las estructuras biológicas. En ambos casos su misma estructura las lleva a obtener tal o cual resultado final en cuanto entran en funcionamiento. Si se altera la estructura, no se cumple el fin original. No obstante, hay una diferencia importante: mientras la máquina artificial funciona dando un determinado resultado (un motor debe hacer andar el coche, por ejemplo) pues para ello fue construida, el sistema vivo funciona de tal forma que mantiene el sistema mismo. El motor en cambio, al no tender hacia este fin, se desgasta mucho más rápidamente, ni tampoco puede reproducirse para autoperpetuarse.

FOR AUTHOR USE ONLY

Una parte importante de esos procesos de automantenimiento típicos del ser viviente es posible gracias a la homeostasis, por la cual se mantiene constante la situación material y energética del organismo. Por ejemplo, la termorregulación. la conservación de la concentración de sales, etc. Estas regulaciones homeostáticas están en gran medida gobernadas por la retroalimentación, que también está presente en las máquinas artificiales.

c) Equifinalidad: Parece ser la responsable de la regulación primaria en los sistemas orgánicos (Ver *Regulación*), o sea de aquellas regulaciones que no pueden basarse en estructuras o mecanismos predeterminados, y que el vitalismo adjudicó a fuerzas misteriosas y duendecillos. La equifinalidad (ver este término) es, sucintamente, la posibilidad de poder alcanzar el mismo estado final partiendo de diferentes condiciones iniciales y por diferentes caminos. La equifinalidad es característica de los sistemas abiertos.

d) Intencionalidad: Es la genuina finalidad, una inteligencia planeadora cuyo comportamiento está guiado por una meta prevista de antemano. Es característica del comportamiento humano y está vinculada a la evolución del simbolismo del lenguaje y los conceptos (81).

Estos cuatro sentidos de finalidad suelen ser confundidos. Von Bertalanffy, para aclarar aún más los alcances de cada uno, da tres ejemplos: 1) en el campo de las cosas hechas por el hombre, la adecuación (1) y el funcionamiento teleológico de las máquinas (2b) se deben, por supuesto, a una inteligencia planeadora (2d). 2) La adecuación en los seres vivos (1) es de suponerse que puede ser explicada por el juego de mutaciones al azar y selección natural. Pero tal explicación ya no sirve para explicar el origen de complicadísimos mecanismos de retroalimentación orgánicos (2b). 3) El vitalismo es, en resumidas cuentas, el intento de explicar la directividad orgánica (2b y 2c) por medio de la inteligencia previsora de la meta (2d).

FOR AUTHOR USE ONLY

GENERALISTA CIENTÍFICO

Persona calificada para encarar problemas de sistemas, cuya existencia se justificaría a partir de la necesidad de un enfoque más sencillo y unificado de los problemas científicos (50). Antónimo: especialista científico.

1. Generalidades.- El generalista es lo opuesto al especialista, y busca compensar la tendencia de estos últimos a establecer, dentro de las ciencias, dominios cada vez más pequeños y separados hasta convertirlos en áreas insignificantes y sin conexión con las demás.

Para contrarrestar esta tendencia, todo equipo de investigación debiera contar con un 'generalista' para tratar en forma más sencilla y unificada los problemas científicos, fomentando un enfoque integrado e interdisciplinario de estos, es decir, uniendo en vez de separar los diversos dominios de la ciencia. En una palabra, el

generalista no estudiaría una sola ciencia en particular -aunque pueda ser biólogo o psicólogo de profesión- sino que es un estudioso de la unificación de las ciencias a partir de la TGS ya que, si bien el generalista puede estudiar problemas muy específicos, como el especialista, lo hace sobre la base de conceptos que, como el de 'sistema', son básicos y válidos para cualquier extensión del conocimiento. Ello significa que no intentará aislar el problema de los demás problemas científicos, ni su solución de las demás soluciones, sino que procurará integrarlos en base a una visión de conjunto.

2. Educación.- Para ser generalista se requiere una educación. A su vez, el generalista también educa. En la perspectiva de la TGS de von Bertalanffy, la educación es un proceso que implica no solamente el desarrollo de valores propiamente científicos, sino también el despliegue de valores éticos (50).

Como desarrollo de valores científicos, la educación no es una mera presentación de información donde se acumulan dato tras dato, sino en la formación de una manera de pensar integrada que procure una comprensión de la realidad desde el punto de vista sistémico, lo que implica no solamente comunicación sino también integración interdisciplinaria de los hechos estudiados (49 y 50).

Como desarrollo de valores éticos, la educación contribuiría al desarrollo de la personalidad, y a la concientización de la ciencia como herramienta para el bienestar de la sociedad humana, y no para su autodestrucción (50 y 51).

FOR AUTHOR USE ONLY

HISTORIA

Ciencia social que se ocupa del estudio de cómo devienen y se desarrollan en el tiempo las sociedades, culturas o civilizaciones humanas. Se trata de un estudio longitudinal (a través del tiempo) que puede y debe ser encarado desde la perspectiva de la TGS constituyéndose así, como una 'historia teórica' (113, 207).

1. Historia y sociología.- Mientras la sociología estudia las sociedades humanas transversalmente, es decir, cómo es una sociedad en una sección transversal del tiempo (presente), la historia lo encara longitudinalmente, es decir a través del tiempo. La sociología estudia como 'son' las sociedades, y la historia como 'devienen', de manera que ambas tienen el mismo objeto de estudio, a pesar de contar con técnicas de investigación por completo diferentes (6, 113).

2. Historia académica e historia teórica.- Von Bertalanffy (6, 113-116, 207-208) establece una distinción entre una historia académica, que sigue un procedimiento idiográfico, y la historia teórica que sigue uno nomotético y, por tanto, más emparentado con una actitud sistémica.

La historia académica se concentra en la singularidad e irrepetibilidad de los hechos históricos, y suele depender mas bien de decisiones y acciones individuales. Por ejemplo: Napoleón puso a Europa de cabeza en virtud de su ambición desmedida. Se procura averiguar 'quién hizo qué', y eventualmente 'porqué lo hizo' invocando razones individuales y aislando los hechos históricos entre sí por responder a motivaciones personales diferentes. Para la historia académica los hechos históricos son únicos e irrepetibles (enfoque idiográfico) y por tanto carece de sentido explicarlos a todos a partir de las mismas leyes y regularidades generales (enfoque nomotético).

La historia teórica sostiene, en cambio, que los acontecimientos parecen envolver algo más que las decisiones y acciones individuales, y estarían determinados sea por 'fuerzas históricas', 'sistemas' socioculturales, trátese de prejuicios, ideologías, grupos de presión, tendencias sociales al crecimiento o a decadencia, etc. (7). Si bien dentro de este segundo enfoque de la historia existen planteos algo intuitivos y metafísicos, como los de Vico, Hegel, Marx, Spengler, Toynbee, Sorokin, Kroeber y otros, cabe incluir en él también las orientaciones sistémicas, propiamente denominadas historia teórica, que conciben a ésta ante todo como una

FOR AUTHOR USE ONLY

construcción conceptual fundada en las leyes o regularidades de los sistemas socio-culturales, y con las cuales buscan sanamente sustituir los enfoques más filosóficos o metafísicos antes citados (114).

3. Críticas y réplicas entre los enfoques académico y teórico de la historia.- La historia académica condena las construcciones en la historia teórica por 'intuitivas', 'contrarias a los hechos', 'arbitrarias', etc., y le critican sus intentos por encajar los hechos de la historia en teorías artificiosamente inventadas. La historia teórica procurará, precisamente, limpiar las construcciones o teorías que explican la historia de sus encajes filosóficos, transformando los problemas metafísicos en problemas científicos, y tomando como base la TGS.

Utilizando el lenguaje de la psicología de la conducta (115), la historia académica adopta una actitud 'molecular' al fragmentar el comportamiento en partes aisladas y tratarlos en términos de causas y efectos singulares, mientras que la historia teórica procura una actitud 'molar', es decir, entender el comportamiento como un fenómeno total con la esperanza de descubrir las grandes leyes que lo rigen. Reemplazando 'comportamiento' por 'hecho histórico', la distinción entre molecular y molar podrá aplicarse a la historia.

FOR AUTHOR USE ONLY

Otra crítica que puede recaer sobre la actitud teórica se basa en el argumento de la inevitabilidad histórica (117,118, 208): si la historia está gobernada por leyes generales, los hechos históricos pasados, presentes y sobre todo los futuros serían inevitables, lo cual contradice la experiencia de sujetos con libre albedrío. Von Bertalanffy replica que esta crítica es improcedente, porque las leyes históricas no pretenden predecir, al modo laplaceano, un porvenir inexorablemente determinado, sino tan sólo probabilidades. El moderno espíritu de la ciencia ve en las leyes un carácter mas bien estadístico, que deja cierto margen para que el curso de la historia no devenga de manera fatal e inexorable.

En este contexto, von Bertalanffy hace referencia al principio de actualidad, según el cual no debe recurrirse a más hipótesis o principios explicativos que los sustentados efectivamente por la

evidencia empírica hasta el presente, es decir, al momento de formular la hipótesis en cuestión (120).
Von Bertalanffy cita este principio, especialmente aplicable a campos históricos como la geología o la evolución, simplemente como criterio para elegir entre dos teorías contrapuestas (racionalismo vs. irracionalismo) en el contexto de su discusión sobre la aplicabilidad de la TGS a la historia y al 'libre albedrío'. En efecto, si se aplica el principio de actualidad a las decisiones humanas, la opción será el irracionalismo, porque la evidencia empírica muestra que aquellas decisiones son, según los datos estadísticos, más irracionales que racionales.

HOMEOSTASIS

Principio establecido por el fisiólogo Cannon y según el cual, una parte importante de los procesos en los sistemas vivos tienden a mantener constante la situación material y energética del organismo. Ejemplo típico: la termorregulación (80). Muchas actividades biológicas y psicológicas no están regidas, sin embargo, por este importante principio (220).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Definición y ejemplos.- Cuando por algún motivo se rompe el equilibrio en un sistema vivo, un mecanismo homeostático produce una serie de modificaciones que devolverán al sistema al equilibrio original. 'Homeostasis' significa 'igual estado', es decir, el sistema busca recuperar el mismo estado de equilibrio que tenía anteriormente a la perturbación. Cannon, el introductor del concepto en fisiología, define hacia 1932 la homeostasis como una disposición fisiológica que sirve para restaurar el estado normal una vez que ha sido trastornado.
Ejemplos: a) Termorregulación: cuando la temperatura corporal pasa de los límites normales, se desencadenan ciertos mecanismos que intentarán retornar a la temperatura normal, como por ejemplo transpirar. Si la temperatura baja demasiado, el mismo

mecanismo termorregulador se encargará de subirla, de manera que siempre tiende a mantener una temperatura constante, a saber, la óptima para que los procesos vitales puedan cumplirse con normalidad. Existen en el cuerpo mecanismos homeostáticos análogos que preservan la constancia de gran número de variables físico-químicas (44), como por ejemplo la conservación de la presión osmótica del pH, de la concentración de sales, etc.(80); b) Existen en el organismo humano y animal otros sistemas también retroalimentados comparables a los servomecanismos de la tecnología, que se encargan de la regulación de posturas y acciones. Si se quiere alcanzar un lápiz, se envía al sistema nervioso central un informe sobre la distancia que impidió llegar a él en el primer intento: esta información es retroalimentada al sistema nervioso central para que el movimiento sea controlado, hasta que se logre la meta (44).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Homeostasis y retroalimentación.- Los ejemplos precedentes ponen de manifiesto que el mecanismo responsable de la homeostasis es la retroalimentación. Todos los mecanismos homeostáticos están gobernados, en gran medida, por un mecanismo de retroalimentación, pero no todo proceso de retroalimentación es homeostático, porque por definición, la homeostasis se aplica sólo a sistemas vivos. Por ejemplo, es posible encontrar también retroalimentación en las máquinas creadas por el hombre, como en los cañones antiaéreos, los proyectiles autodirigidos y los servomecanismos (43, 80, 167).

3. Limitaciones del principio de homeostasis.- Se ha exagerado muchas veces la importancia de este principio. Por ejemplo, fue con el principio homeostático con el cual el psicoanálisis identificó su teoría de la descarga de tensiones como única tendencia primaria (111).

Sin embargo, muchos fenómenos han obligado a una completa revisión de este principio, que insistía únicamente en la tendencia al equilibrio (111). De hecho, el mismo Cannon reconoció que además de los mecanismos homeostáticos existían también

mecanismos 'heterostáticos', vinculados a fenómenos de otra índole como por ejemplo, por utilizar terminología de von Bertalanffy, fenómenos de evolución, de entropía negativa, de producción de estados improbables, creatividad, establecimiento de tensiones, autorrealización, etc. (9, 22).

Más concretamente, el esquema homeostático no es aplicable: a) a regulaciones dinámicas, o sea a regulaciones no basadas en mecanismos fijos sino que se dan dentro de un sistema que funciona como un todo, como por ejemplo los procesos de regulación después de lesiones cerebrales; b) a actividades espontáneas; c) a procesos cuya meta no es la reducción sino el establecimiento de tensiones; d) a procesos de crecimiento, desarrollo, creación y similares. Tampoco el principio el aplicable a actividades humanas consideradas no útiles -para la conservación y supervivencia, se entiende- como el arte y otras manifestaciones de la cultura. Según von Bertalanffy, el modelo homeostático sí puede en cambio aplicarse en psicopatología, porque en general las funciones no homeostáticas decaen en los pacientes mentales. Como había dicho Karl Menninger, las defensas mentales enfermas hacen descender al paciente a niveles homeostáticos cada vez más bajos, hasta no dejar sino la preservación fisiológica (220, 221).

FOR AUTHOR USE ONLY

Muchos fenómenos requieren, entonces, otro tipo de explicación, más allá del principio de homeostasis, con lo cual habrá que recurrir a conceptos tales como equifinalidad e intencionalidad (80, 81).

La insistencia en la importancia del principio homeostático puede conducir a resultados adversos. Si tal principio fuese tomado como regla de oro del comportamiento humano, el individuo bien llamado ajustado será la meta última del sistema social, un robot bien aceitado que se mantenga en óptima homeostasis biológica, psicológica y social: un 'mundo feliz' que para muchos no es en modo alguno el estado ideal de la humanidad. Del mismo modo si se adoptara el principio homeostático en la educación, ésta debería ser progresiva, sin estímulos y sin influencias directoras porque todo ello aleja al sujeto cada vez más del equilibrio original (serían

fuerzas más desequilibrantes), lo cual traería como consecuencia una cosecha de ignorantes y delincuentes juveniles sin precedente (112).
En psicopatología, de idéntica forma, se sabe que los sujetos con privación sensorial, aislados de todo estímulo externo que 'rompa el equilibrio', en pocas horas sucumben a la llamada psicosis modelo, con alucinaciones, angustia insufrible, etc. En contraste, el máximo estrés (que implica aumento de tensiones, no reducción como dice la homeostasis) no produce necesariamente trastornos mentales (112).

HOMOLOGÍA

Correspondencia formal fundada en la realidad, y gracias a la cual está última puede considerársela como un sistema, sea de la índole que sea. Así, las homologías permiten el isomorfismo en la ciencia brindando el enfoque correcto para la consideración de los fenómenos (87,88).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Concepto.- En el marco de su discusión del concepto de isomorfismo, von Bertalanffy distingue tres niveles en la descripción de los fenómenos: las analogías, las homologías y las explicaciones (86).
Dos fenómenos son homólogos cuando, aunque estén determinados por causas diferentes, siguen un modelo conceptual formalmente idéntico. Así por ejemplo el fluir de un líquido y el fluir del calor son fenómenos formalmente idénticos, aunque estén regidos por leyes causales distintas: el primero está regido por leyes hidrodinámicas, mientras que el segundo por la teoría cinética del calor.
Otros ejemplos son: a) la corriente de un líquido y la corriente eléctrica, b) todos los fenómenos en los cuales hay un gradiente, es decir, una gradación de más a menos (en oposición al 'todo o nada'), como en el potencial eléctrico, en el potencial químico, en los líquidos en movimiento, etc. Son estos ejemplos de homologías

en física y química, pero von Bertalanffy intenta mostrar que las homologías están presentes en todas las ciencias, y entonces habla de una homología en un sentido muy abstracto que él llama homología lógica (87), y que puede expresarse así: si un objeto es un sistema, debe tener ciertas características de los sistemas, sin importar de qué sistema se trate. Así, el hecho de que haya homologías entre fenómenos permite conceptualizarlos a todos ellos como sistemas, con lo cual se estará en la consideración correcta de los mismos (por oposición a las simples analogías, que se refieren a semejanzas más superficiales y, por tanto, engañosas). La TGS puede permitir identificar la distinción entre analogías y homologías, mostrando a las primeras como parecidos sin sentido y a las segundas como traslados significativos de modelos, cosa que no debe confundirse con hacer un reduccionismo (88).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Homología en biología.- Cabe suponer, dada su formación como biólogo, que von Bertalanffy extrajo los términos 'analogía ' y 'homología' de la biología evolutiva. En este contexto, órganos análogos cumplen la misma función, pero son totalmente diferentes en cuanto a organización y origen. Ejemplo: las alas de un ave y las alas de una mariposa. En cambio órganos homólogos son aquellos que sí tienen organización y orígenes semejantes, más allá de si cumplen actualmente la misma función o no. Por ejemplo el ala de un ave es homólogo al brazo de un hombre o al ala de un murciélago.

La homología es un concepto científico más fecundo, porque permite establecer si dos seres vivos provienen de la misma línea evolutiva y, por tanto, resulta necesario para su clasificación concreta dentro del conjunto de los seres vivos (por ejemplo, como mamífero). Catalogar los animales por simples analogías puede llevarnos a un sistema artificial de clasificación y a una incorrecta interpretación de las líneas evolutivas, como por ejemplo afirmar que la gaviota y la mariposa derivan de un mismo ancestro porque ambas tienen alas.

INDIVIDUO/INDIVIDUALIZACIÓN

Un individuo es un sistema centralizado (73, 75). Por ejemplo una planta, un animal, una gestalten, el hombre. Tanto en la evolución filogenética como en el desarrollo ontogenético, el ser vivo evoluciona desde un estado de mínima individualización hacia otra de máxima individualización, proceso que, bajo la denominación de individualización progresiva, constituye uno de los principios formales y generales de los sistemas (73, 75).

Para que un sistema llegue a constituir un individuo, sus diversas partes deben pasar a depender progresivamente de otra parte central o conductora, es decir, la individualización presupone la centralización (73). De aquí la definición de individuo como sistema centralizado. Por ejemplo, una multitud amorfa no tiene 'individualidad'; para que una estructura social se distinga de otras, es necesario el agrupamiento en torno a determinados individuos (75) que constituyan su parte conductora.

El vocablo 'individuo' significa originalmente 'indivisible' o 'único', y en la medida que es único puede ser recortado o discernido de otros individuos. Este proceso de progresiva individualización idealmente debiera concluir una individualización completa, pero esto es sólo un ideal: un organismo, un sistema mental, una sociedad, en virtud de su centralización progresiva, sólo pueden hacerse cada vez más unificados y más indivisibles (74), pero no totalmente en la medida en que subsista algún tipo de relación con los demás individuos-sistemas.

En los animales inferiores (filogenia) o en los primeros estadios embrionarios (ontogenia), hay aún poca individualización (precisamente porque hay poca centralización). ¿Será posible llamar 'individuo' a una planaria en vista de que si esos animales son cortados en muchos pedazos, cada uno regenera un animal completo? También es fácil crear experimentalmente hidras de dos cabezas, las cuales buscarán atrapar una pulga de agua, si bien no

FOR AUTHOR USE ONLY

tiene importancia cuál de las dos se la engullirá porque irán a parar un estómago en común para beneficio de ambas partes. Aquí no hay una centralización suficiente como para que una de ambas cabezas domine sobre la otra y la haga funcionar, por ejemplo, como vía de excreción. De modo similar, si se cortan en dos mitades un embrión de salamandra, cada una generará una salamandra completa (74).

Von Bertalanffy menciona también a los individuos calificando a los seres humanos, y lo hace en este caso en un sentido ético. La TGS aspira a rescatar la individualidad del hombre, sus valores, sus derechos, etc., alertando acerca del mal uso de la teoría de sistemas cuando se pone al servicio de organizaciones totalitarias que sojuzgan al hombre considerándolo menos como un individuo que como un engranaje más de la máquina social. En este sentido, rescata la advertencia del Leviatán acerca de que la organización no debe engullir al individuo si no quiere firmar su sentencia de muerte (53).

FOR AUTHOR USE ONLY

INFORMACIÓN, TEORÍA

Teoría matemática desarrollada desde la década del '40 en adelante y basada en gran parte en los trabajos de Shannon, que se ocupa de testimoniar la unidad conceptual de una diversidad de procesos que implican transmitir, almacenar y procesar información.

La Teoría de la información, junto con la cibernética, la teoría de los juegos y otras disciplinas igualmente recientes, constituyen progresos que están destinados a enfrentarse a las necesidades de una TGS (93). Se trata, concretamente, de enfoques centrados en una concepción sistémica de la realidad (18). Von Bertalanffy (41) se refería a ella también como 'teoría de la comunicación', aunque en general se tiende a concebir a la teoría de la información como una expresión más generalizada de la teoría de la comunicación, al

acentuar los aspectos formales de ésta última (sintácticos) más que sus aspectos de contenido (semánticos y pragmáticos).

INTEGRACIÓN

Característica de los sistemas abiertos según la cual estos, en su evolución, van organizando sus diversas partes y funciones en torno a otras más centrales que dirigirán el proceso, interconectando y coordinando las primeras.

Si bien no es un término específico utilizado por von Bertalanffy, este autor utiliza la idea sobre todo en relación con ciertas propiedades formales de los sistemas, como la centralización y la individualización (ver *Sistema*, *Centralización*, *Individuo* / *Individualización*).

La integración supone la centralización, y da como resultado la individualización. La centralización, porque integrar implica reunir diferentes procesos y funciones parciales bajo el control de una parte conductora o central. El sistema nervioso se integra en la medida en que los centros superiores pueden dirigir o controlar a los inferiores. Esta integración da lugar a una individualización, es decir, hace funcionar al sistema como un todo idealmente indivisible y relativamente aislado de los otros sistemas (precisamente, individualización viene de 'individuo' y este a su vez, de 'indivisible'). Se trata de una unificación a partir de una parte conductora. Similares características pueden observarse también en la personalidad o en los sistemas sociales.

FOR AUTHOR USE ONLY

INTENCIONALIDAD

Tipo de finalidad en la cual el comportamiento actual está determinado por una meta prevista de antemano. La verdadera intencionalidad es característica del

comportamiento humano y está vinculada a la evolución del simbolismo del lenguaje y los conceptos (81).

La intencionalidad presupone que la meta futura está ya presente en el pensamiento y que está dirigiendo la acción presente: 'si hago esto podré conseguir aquello'. Tal es el concepto aristotélico original (81). Aristóteles distinguía cuatro causas: la causa material, la formal, la eficiente y la final. La causa eficiente es la noción tradicional de causa utilizada sobre todo en la ciencia, mientras que la causa final es, en la concepción de von Bertalanffy, lo que él llama intencionalidad.

La intencionalidad es típica de la conducta humana. De hecho, es imposible prescindir de la persecución de metas y de la intencionalidad, aunque se adopte una posición estrictamente conductista (95).

El método del ensayo y error físico, tan característico del comportamiento animal, es reemplazado en el hombre por la 'experimentación mental', con símbolos conceptuales. Esto es lo que hace posible la persecución de metas. La persecución de metas y la teleología en un sentido metafísico (o sea, la tendencia del organismo a mantenerse, producirse y reproducirse) constituyen un criterio general de vida. Sin embargo, la verdadera intencionalidad, propia del hombre, implica que las acciones son realizadas con conocimiento de su meta o resultado final futuro; la concepción de la meta venidera ya existe e influye sobre las acciones presentes. Esto se aplica tanto a las acciones cotidianas como a los supremos logros del intelecto humano en la ciencia y la tecnología (269).

FOR AUTHOR USE ONLY

INTERDISCIPLINARIO

Punto de vista defendido por la TGS, y que sostiene la posibilidad de introducir nuevos modelos conceptuales, llamados modelos interdisciplinarios, que trascienden los

compartimientos ordinarios de la ciencia y son aplicables a fenómenos de diferentes campos (97).

1. Generalidades.- La TGS aspira a satisfacer la necesidad de formular principios básicos interdisciplinarios, habida cuenta de que investigadores en campos muy diversos han dado independientemente con conceptos generales muy similares. Semejantes correspondencias o isomorfismos son tanto más significativos cuanto que se fundan en hechos totalmente diferentes (51).

No debe confundirse un enfoque interdisciplinario con un enfoque reduccionista (todas las ciencias se reducen a una única ciencia) ni con un enfoque monopolista (existe un 'sistema universal' único que lo abarque todo, más allá de si pertenece o no en forma privilegiada a una determinada ciencia).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Interdisciplina y reduccionismo.- El planteo interdisciplinario no busca explicar todos los fenómenos desde una determinada ciencia, al modo reduccionista. De hecho, las teorías de la física ordinaria no alcanzan, por ejemplo, para explicar los fenómenos biológicos, ni el comportamiento humano, ni la sociedad, ni las civilizaciones. Tampoco el punto de vista interdisciplinario pretende elaborar un modelo único que monopolice todas las explicaciones en todas las ciencias porque, si bien entre ellas pueden identificarse elementos en común (por ejemplo la idea de 'sistema'), cada modelo tiene características especiales que no tiene el otro y que permite explicar solamente los fenómenos dentro del ámbito de la ciencia en cuestión.

El planteo interdisciplinario busca identificar las características comunes a los diversos modelos de cada ciencia y de cada teoría, respetando sus peculiaridades propias, que también existen. Cada construcción científica es un modelo que representa determinados aspectos de la realidad, y ninguna en particular puede ser considerada como el 'sistema universal' y único. Ni siquiera la física teórica nos da un modelo de la realidad última: es un modelo surgido de recientes investigaciones, sí, pero que no es ni

exhaustivo ni único. Las varias 'teorías de los sistemas' son también modelos que reflejan diferentes aspectos, no se excluyen mutuamente y a menudo se aplican en forma combinada. Todo esto no elimina la posibilidad que puedan ir realizándose síntesis cada vez más amplias que integren y unifiquen varios enfoques actuales hacia una teoría de la "totalidad" y la "organización". Tales síntesis, como por ejemplo entere la termodinámica irreversible y la teoría de la información, en verdad van siendo elaboradas de a poco (97,98).

ISOMORFISMO

Dos o más sistemas son isomorfos cuando comparten las mismas características generales más allá de sus diferencias específicas, que también existen. El concepto de isomorfismo es fundamental en el pensamiento de von Bertalanffy, en la medida en que, al afirmar la existencia de similaridades formales o estructurales en diferentes ámbitos del conocimiento científico, sustenta y justifica la existencia misma de la TGS, que pretende justamente lograr la unificación de la ciencia.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Definición.- El término 'isomorfismo' significa etimológicamente 'igual forma', y con ello se quiere destacar la idea según la cual existen semejanzas y correspondencias formales entre diversos tipos de sistemas, a veces muy aparentemente disímiles entre sí en cuanto al contenido. Así, las semejanzas son semejanzas de forma más que de contenido: sistemas formalmente idénticos pueden ser aplicados, en efecto, a diferentes dominios. Por ejemplo (33, 84), se puede aplicar la llamada ley exponencial al crecimiento a ciertas células bacterianas, pero también puede aplicarse al progreso de la investigación científica medida por el número de trabajos publicados. E incluso también a la cantidad de dinero de una cuenta bancaria a lo largo del tiempo. Las entidades en cuestión son bacterias, libros, o dinero (contenidos específicos

completamente diferentes), pero la ley matemática es la misma. Estas correspondencias se deben a que las entidades consideradas pueden verse, en ciertos aspectos, como 'sistemas', es decir, como complejos de elementos en interacción regidos por la misma ley (33).

2. Otros ejemplos.- La ley exponencial afirma que, dado un complejo de cierto número de entidades, un porcentaje constante de estos elementos se desintegran o se multiplican por unidad de tiempo (84). Von Bertalanffy cita otros ejemplos de leyes isomorfas en varios dominios, como la ley logística y la ley parabólica (84, 85).

La ley logística afirma que hay un incremento exponencial en un principio, pero que este en determinado momento cesa debido a la existencia de ciertas condiciones restrictivas. Tal ley se aplica en campos diferentes como la química y la demografía: en una reacción autocatalítica un compuesto cataliza su propia formación, pero como dentro de un recipiente cerrado el número de moléculas es finito, la reacción tendrá que detenerse cuando todas las moléculas se hayan transformado y alcancen así una situación límite. Del mismo modo, una población aumenta exponencialmente con número creciente de individuos, pero si el espacio y el alimento están limitados, la cantidad de alimento disponible por cabeza disminuirá; de aquí que no pueda ser ilimitado el crecimiento poblacional y acabe por alcanzar un estado uniforme definido como la máxima población compatible con los recursos disponibles. La misma ley logística se aplica también, por ejemplo al tráfico ferroviario.

La ley parabólica, por su parte, expresa la competencia dentro de un sistema: cada elemento toma su parte de acuerdo con una capacidad expresada por una constante específica. Esta ley es también isomorfa pues se aplica tanto a los individuos de un sistema económico, según la ley de Pareto, como en biología a órganos que compitan dentro de un organismo por el material nutritivo y exhiban un desarrollo alométrico.

FOR AUTHOR USE ONLY

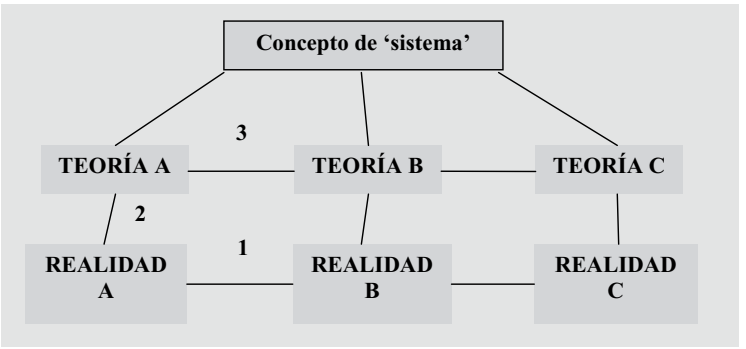
Entre otros ejemplos que cita von Bertalanffy (82,83) se cuenta la teoría general de las periodicidades, aplicables en varios ámbitos de la ciencia. También, la dinámica demográfica es homologable en muchos aspectos a la dinámica como rama de la mecánica, así como también hay semejanzas formales entre fenómenos tan diferentes como la formación de un animal completo a partir de un germen dividido de salamandra, y los fenómenos perceptivos descritos por la psicología de la Gestalt.

En la evolución de las lenguas y en la evolución de los seres vivos también se verifican isomorfismos (83,84): a partir de una lengua (o un ser vivo) en común, evolucionaron en forma paralela e independiente una de otra varias otras lenguas (o especies vivientes). Von Bertalanffy destaca este paralelismo evolutivo entre lenguas, o entre especies animales, y con ello busca ilustrar la presencia de isomorfismos.

Otros ejemplos de isomorfismos son, finalmente: a) similaridades estructurales entre un sistema biológico y una sociedad humana (34); b) similaridades estructurales entre la teoría biológica de Volterra y la teoría de la economía cuantitativa, que son isomorfas en muchos puntos (47). Se han seleccionado estos dos últimos ejemplos deliberadamente, para mostrar que los isomorfismos se pueden establecer tanto entre 'realidades' (ejemplo a) como entre 'esquemas conceptuales' de realidades, o teorías (ejemplo b). Esta distinción lleva al problema de los requisitos previos para la existencia de isomorfismos (85,86).

FOR AUTHOR USE ONLY

Tipos de correspondencia



1 Correspondencia entre niveles de realidad
2 Correspondencia entre realidad y teoría
3 Correspondencia entre teorías (sistemas formalmente idénticos)

3. Requisitos.- Para poder hablar de isomorfismos en la ciencia, deben cumplirse tres requisitos previos (ver esquema adjunto): 1) la realidad no debe ser caótica. Se trata incluso de la condición misma de la posibilidad de la ciencia, ya que la estructura de la realidad debe ser tal que permita la aplicación de construcciones conceptuales (85), es decir, que permita encontrar regularidades en el mundo observable. En el esquema, existen semejanzas o paralelismos entre la realidad A, la realidad B y la realidad C (por ejemplo entre un sistema biológico y una sociedad humana). 2) Debe también haber una cierta correspondencia entre la realidad y la teoría que la explica, más allá de si la teoría la 'refleja' peor o mejor (85, 253). Es la misma correspondencia que puede haber, por ejemplo, entre el plano de una casa y la casa real. 3) Debe haber también una correspondencia entre las mismas teorías o esquemas conceptuales, ya que de otro modo no podrían identificarse características comunes entre ellas.

FOR AUTHOR USE ONLY

Cumplidos estos tres requisitos, ahora sí es posible trazar isomorfismos propiamente dichos y subsumir en principio lo común a todas las teorías bajo el concepto de 'sistema', concepto que, por otra parte, puede comenzar estableciéndose a priori y luego derivar lógicamente sus características a teorías específicas.

Señala así von Bertalanffy (86) que el paralelismo entre teorías de campos diferentes es consecuencia de que todas ellas se ocupen de 'sistemas' y, por tanto, de sus principios básicos como los de totalidad y suma, mecanización, orden jerárquico, equifinalidad, aproximación a estados uniformes, etc. Estos principios así, aparecerán de una u otra forma en disciplinas diferentes.

Los aspectos formalmente idénticos, o isomorfismos, en muchos casos valen sólo para ciertas subclases de sistemas, pero parece ser que también existen leyes generales aplicables a cualquier sistema, más allá de sus propiedades particulares o de los

elementos intervinientes. Precisamente el tema de la TGS es la formulación de principios válidos para 'sistemas' en general, sea cual fuere la naturaleza de sus elementos componentes. En otras palabras, la TGS busca identificar isomorfismos (37).
Puede señalarse, por último, que las semejanzas que sirven para establecer isomorfismos no son meras analogías superficiales, sino semejanzas más profundas, como las homologías y las explicaciones (ver *Analogía*, *Homología* y *Explicación*).

4. Utilidad.- Más allá de la utilidad teórica de la identificación de isomorfismos -promover la unidad de la ciencia en torno a principios generales aplicables a todos los sistemas-, se halla también, íntimamente vinculada con la primera, una utilidad práctica. Así (83), la existencia de leyes de análoga estructura en diferentes campos permite el empleo de modelos más sencillos o mejor conocidos, para fenómenos más complicados y menos tratables. Así, metodológicamente la TGS pretende ser un importante medio de controlar y estimular la transferencia de principios de uno a otro campo, y ya no habrá que repetir o triplicar el descubrimiento de los mismos principios en diferentes terrenos aislados entre sí.

FOR AUTHOR USE ONLY

5. Isomorfismo y reduccionismo.- No debe confundirse la búsqueda de isomorfismos con una actitud reduccionista. Una concepción unitaria del mundo no pasa por reducir todos los niveles de la realidad al nivel de la física (actitud reduccionista), sino en identificar, en la totalidad de los acontecimientos observables, uniformidades estructurales que se manifiestan por rastros isomorfos de orden en los diferentes niveles o ámbitos (49, 90). En suma, no se trata de reducir todo a un solo nivel, sino de descubrir lo común a todos ellos.

LIBRE ALBEDRÍO

En un sentido amplio, capacidad que tiene el individuo de elegir entre varios caminos de acción posibles, de acuerdo a su propio provecho o satisfacción y más allá de si sus elecciones son o no racionales. El concepto está estrechamente vinculado con las ideas de determinismo, responsabilidad, elección racional y elección irracional (119, 120, 231).

1. Generalidades.- En principio, desde un punto de vista teórico o filosófico, el libre albedrío se aplica a situaciones de elección racional pero, paradójicamente, la mayoría de las acciones humanas, supuestamente producto de un ser racional, resultan ser irracionales, con lo cual se halla aquí un segundo enfoque más realista y más apoyado en la evidencia empírica acerca del libre albedrío.

El libre albedrío considerado en teoría, es decir, como 'elección racional' significa cosas como las siguientes: la elección maximizará el provecho o la satisfacción para el individuo; el individuo es libre de elegir entre varios caminos de acción posibles y decide de acuerdo a sus consecuencias; informado de todas las consecuencias concebibles de sus acciones, escoge la que figura más alto en su lista; prefiere más de un bien que menos, en igualdad de las demás circunstancias; etc. (119).

Desde un punto de vista más realista, quien hace elecciones 'racionales' es el animal 'irracional', por oposición al ser humano que mayoritariamente hace elecciones irracionales (ver *Comportamiento*, ítem *Comportamiento humano y animal*).

2. Libre albedrío y determinismo.- Se buscan 'explicar' fenómenos mentales y de la conducta como causalmente determinados, porque se utiliza la categoría de causalidad para poner orden en la experiencia del mundo. Sin embargo, las personas se 'experimentan' como libres porque no aplican aquella categoría a dicha experiencia directa e inmediata. En otras palabras, el libre

FOR AUTHOR USE ONLY

albedrío no está 'determinado' sino que es 'determinable' a partir de las categorías de causalidad, en cuanto que la causalidad no es una necesidad metafísica sino un instrumento que ordena la experiencia (231). Una conclusión que podría extraerse de este planteo es la siguiente: hay en las conductas y elecciones humanas un determinismo en cuanto obedecen a ciertas causas, pero hay también una cierta libertad en cuanto puede ejercerse control sobre las mismas.

La oposición determinismo-libre albedrío suscita algunos problemas en las ciencias sociales, que pueden ser resueltos en el contexto de la TGS, sobre todo si se entiende el determinismo no en sentido absoluto, sino en un sentido estadístico (la ciencia no predice un porvenir inexorablemente determinado sino probabilidades). Cabe aclarar estas cuestiones.

Aunque la causa del libre albedrío descansa en el testimonio de la intuición o la experiencia inmediata y jamás puede probarse objetivamente (¿fue el libre albedrío de Napoleón el que lo condujo a la campaña de Rusia?), el determinismo (en sentido estadístico) puede ser probado, al menos en pequeña escala. Es seguro que los negocios dependen de 'decisiones' personales de los empresarios, en el mismo sentido que la batalla de Rusia dependía de una decisión personal de Napoleón. Sin embargo, cuando se analiza la curva de crecimiento de compañías industriales (o, presumiblemente, del curso de la historia), se encuentra que desviaciones 'arbitrarias' van seguidas de una pronto retorno a la curva normal, como si actuaran fuerzas invisibles más allá del libre albedrío de los protagonistas. Del mismo modo, se han postulado también 'fuerzas inexorables' que operan en la sociedad (118).

Estas inevitabilidades o inexorabilidades a nivel empresarial, histórico o social no contradicen, sin embargo, la idea según la cual las personas pueden elegir según y conforme el libre albedrío, sea una elección racional o no. Se trata de dos realidades coexistentes: una a nivel global o molar (determinismo histórico y social), otra a nivel individual o molecular (libre albedrío personal), y para cada una de ellas la TGS dispone de modelos para estudiarlos y explicarlos. Así por ejemplo, para el comportamiento de masas se

FOR AUTHOR USE ONLY

aplicarían leyes de sistemas que, si pudieran ser matematizadas, tendrían la forma de cierto tipo de ecuaciones diferenciales, mientras que las elecciones individuales quedarían descritas por teorías como la de los juegos y la decisión, que se ocupan de elecciones racionales (118). Incluso las grandes decisiones de los grandes hombres de la historia pueden ser entendidas como 'partes conductoras', 'disparadores' o 'catalizadores' del proceso histórico, es decir, recurriendo a una característica básica de todo sistema que es la centralización (ver *Centralización*). El libre albedrío, el problema filosófico más resistente al análisis científico, puede así ser estudiado científicamente desde la TGS (118, 121).

3. Libre albedrío y responsabilidad.- Separada de la cuestión epistemológica vista precedentemente, está la cuestión moral y legal de la relación entre libre albedrío y responsabilidad. Esta última es juzgada siempre dentro de un marco simbólico de valores, de los que acepta una sociedad en circunstancias dadas. Si alguien tiene obliterada la comprensión simbólica y no puede distinguir el bien y el mal es inimputable: carece de responsabilidad. Pero si puede distinguir una cosa de otra, su acción será castigada o no según los valores de cada sociedad y de cada circunstancia. Por ejemplo, en periodos de paz el matar se castiga, y en periodos de guerra el no aceptar la orden de matar será lo castigado (231, 232).

FOR AUTHOR USE ONLY

MÁQUINA

Dispositivo creado por el hombre que sirve para producir determinados efectos. El término designa también, entre otros varios significados, al conjunto de las partes de un todo, especialmente el caso de un animal (máquina viviente).

1. La máquina como dispositivo inanimado.- Aristóteles fue quien comenzó a utilizar el término 'máquina' para referirse a los artefactos creados por el hombre, artefactos que pueden ejecutar

operaciones que sustituyen a las operaciones naturales, y que a veces las aventajan. Por ejemplo, una palanca es una máquina que permite aumentar la fuerza natural del brazo.

2. La máquina como dispositivo viviente.- Es a partir de la Edad Moderna donde empieza a aplicarse el término a los seres vivos, cuando Descartes concibe al animal como una máquina, ya que hasta entonces sólo existían las máquinas mecánicas. Desde entonces se comparó la ser vivo con una máquina de ese tipo: un animal era un complicado mecanismo de relojería, Borelli, Harvey y otros investigaron las funciones musculares, cardíacas, etc., mediante modelos mecánicos de palancas, bombas, etc. Más tarde aparecieron las máquinas de vapor y la termodinámica, donde el organismo vivo empezó a ser considerado como una máquina térmica. En realidad, el organismo es una máquina quimiodinámica: no transforma la energía del combustible en calor y luego en energía mecánica, sino directamente en trabajo efectivo (por ejemplo, en la actividad muscular) (145).

En las últimas décadas han surgido las máquinas que se autorregulan o autocontrolan, desde el simple termostato doméstico hasta los proyectiles autodirigidos que hicieron su aparición en la segunda guerra mundial. El organismo pasó a ser entonces una máquina cibernética, es decir un artificio que exhibe mecanismos homeostáticos de autorregulación (145).

La tecnología ha terminado pensando hoy no ya en términos de máquinas sueltas sino en 'sistemas', es decir, en complejos tecnológicos donde interaccionan varias máquinas, como por ejemplo un vehículo espacial. También, en el sistema se incluyó al hombre, con lo que pasaron también a un primer plano las relaciones hombre-máquina (1).

El paso más reciente es el de las máquinas moleculares, concepto aplicado a los seres vivos en la medida en que se verifican en él complejas reacciones químicas (metabolismo), y en la medida en que encierra una 'micromáquina' que traduce el código genética del ADN a proteínas específicas y, a fin de cuentas, lleva a constituir al organismo en sí (145).

© AUTHOR USE ONLY

3. Limitaciones del modelo del organismo como máquina.- A pesar del éxito del modelo del organismo como una máquina, este tiene ciertas dificultades y limitaciones que se pueden sintetizar en tres puntos: a) No puede explicar el origen de los seres vivos a partir de un universo de acontecimientos físico-químicos no dirigidos. b) No pueden explicar cómo un ser vivo puede regularse luego de un inmenso número de perturbaciones arbitrarias (una máquina mecánica exhibe regulación, pero sólo cuando se produce un número finito de perturbaciones, como ocurre por ejemplo con la máquina de Turing). c) No explica cómo es posible que el organismo vivo puede preservarse o automantenerse a pesar de ser él mismo una máquina compuesta de combustible que se consume continuamente (145,146). En general, estas limitaciones pueden superarse si se abandona el modelo del organismo como máquina, introduciendo el modelo del organismo como sistema abierto (ver *Organismo*).

Este modelo permite arrojar alguna luz sobre el origen de la vida (ver *Organísmica, concepción*), y también permite por ejemplo entender al organismo viviente como sistema capaz de autoorganización, es decir, capaz de organizarse y complejizarse pero no por estímulos externos, sino por sus propias leyes internas de organización. Los sistemas autodiferenciantes (101) que evolucionan hacia una complejidad creciente son, por razones termodinámicas, sólo posibles como sistemas abiertos, pues necesitan importar materia y energía del exterior. Sin embargo, no puede decirse que los cambios deban proceder de algún agente externo: la diferenciación y complejización de un embrión en desarrollo son debida a sus leyes internas de organización, y la entrada de materia y energía apenas la posibilita energéticamente, es decir, aporta la el material y la energía para que las leyes internas actúen.

FOR AUTHOR USE ONLY

MATEMÁTICA

Disciplina puramente formal en sí misma, pero aplicable a las diversas ciencias empíricas. En tal sentido, constituye una meta hacia la cual tiende la TGS, en la medida en que esta aspira a formular principios válidos para los 'sistemas' en general, más allá de sus componentes o contenidos específicos (37). De hecho, es posible definir matemáticamente un sistema de varias maneras distintas (56), y plantear la TGS como un riguroso sistema axiomático (263).

1. Matemática y TGS.- Para von Bertalanffy, la matemática ha de servir de modelo para una TGS más elaborada, pues ésta última estudia los aspectos más generales y formales de los sistemas. En forma elaborada, la TGS no sería más que una disciplina lógico-matemática, y tendría la misma aplicación en las ciencias que se ocupan de 'todos organizados' que la teoría de la probabilidad aplicada a las ciencias que estudian 'acontecimientos aleatorios' (37). De hecho, es posible definir matemáticamente un sistema de varias maneras distintas, como por ejemplo a través de un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas (56), de donde pueden derivarse varias de las propiedades de los sistemas en general (ver *Sistema*). Las ecuaciones diferenciales cubren vastas áreas de las ciencias físicas, biológicas, económicas y, probablemente también, de las ciencias del comportamiento (38). Así por ejemplo, ciertas curvas matemáticas son aplicables a sistemas materiales: una curva logística describe ciertos sistemas químicos, una curva exponencial describe sistemas en crecimiento, etc. (62,64).

No obstante, el enfoque matemático adoptado en la TGS no es el único posible ni el más general, pues hay otra serie de enfoques modernos afines, como la teoría de la información, la cibernética, la teoría de la decisión y las redes, los modelos estocásticos, etc. (38). Tampoco ha de ser absolutamente imprescindible, al menos por el momento: quizá convenga tener primero algún modelo no matemático que, a pesar de sus limitaciones, pueda expresar algún

FOR AUTHOR USE ONLY

aspecto inadvertido, y esperar el surgimiento venidero de algún algoritmo apropiado. Es preferible esto y no aplicar de entrada modelos conocidos que, al estrechar el campo visual, puedan pasar por alto aquellos aspectos inadvertidos (23).

2. Las categorías lógico-matemáticas.- La lectura del texto de von Bertalanffy sugiere que este autor intenta fundamentar o justificar, desde el concepto antropológico de 'categoría', dos aspectos básicos de la relación entre matemáticas y TGS: a) el hecho de que la TGS puede concebirse matemáticamente, y b) el hecho de que puedan existir formas alternativas para concebirla fuera de la matemática o la lógica tradicional.

Respecto del primer punto, cabe justificar un enfoque matemático de los sistemas porque las categorías matemáticas tienen un importante valor que podríamos llamar heurístico: la maquinaria matemática funciona por sí sola, dando resultados inesperados que conducirán a nuevos descubrimientos, tarea que precisamente debe cumplir una TGS (ver *Categoría* y *Simbolismo*).

Respecto del segundo punto, von Bertalanffy indica que, puesto que las categorías matemáticas dependen de factores lingüísticos y biológicos, otros seres sin estas limitaciones bien pueden construir diferentes sistemas lógico-matemáticos, tal vez mucho más aptos para tratar ciertos aspectos de la realidad. Así, por ejemplo, la lógica aristotélica cubre un pequeño campo de las ricas y complejas relaciones entre sujeto y predicado. Los conceptos del todo o nada se quedan cortos ante los conceptos de continuidad básica del análisis matemático, y probablemente ni siquiera los esfuerzos de los lógicos modernos no alcancen sino a axiomatizar sólo un campo muy restringido del razonamiento deductivo posible. Tal vez la lógica humana esté fundada en la peculiar arquitectura del nervioso central, que funciona a fin de cuentas como una computadora digital ya que las neuronas actúan según la ley del todo o nada de la neurofisiología, es decir, en términos de decisiones por sí o por no, no habiendo gradaciones intermedias. A esto corresponde el principio heraclíteo del pensar en términos de opuestos, la lógica bivalente del sí-no, el álgebra booleana y el

FOR AUTHOR USE ONLY

sistema de numeración binario, transformado en decimal sólo por razones prácticas (258,259).

MECANICISMO

Punto de vista nacido de la física clásica del siglo XIX según el cual: a) el mundo es el resultado de acontecimientos casuales o fortuitos, sin ninguna meta o direccionalidad; b) todos los fenómenos del mundo, inanimado, viviente y mental, están regidos por las leyes inexorables de la causalidad, y por lo tanto, c) la ciencia ha de ocuparse de descomponer la realidad en unidades cada vez menores y de aislar cadenas causales separadas o independientes; d) el mecanicismo reduce todos los fenómenos al dominio de la física (30, 45, 55, 90, 160, 196). La TGS criticará el dogma mecanicista por resultar insuficiente para la explicación de muchos fenómenos, especialmente los de la vida. Se opondrá, concretamente, a sus pretensiones anti-finalistas, causalistas lineales y reduccionistas (45, 46, 96, 160).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Generalidades.- La expresión 'mecanicismo' tiene múltiples sentidos diferentes, y bajo esa denominación caen autores que sustentan puntos de vista bastante disímiles. Se obviará esclarecer esta heterogeneidad, limitando esta exposición a la caracterización que del concepto en cuestión hace von Bertalanffy. Como primera aproximación, debe consignarse que el mecanicismo, según y conforme su raíz etimológica, intenta explicar el mundo como si este fuera una máquina (270), es decir, recurriendo a un modelo mecánico. En lo que sigue se describe con mayor detalle este punto de vista.

2. Mecanicismo y finalismo.- A primera vista parece haber una contradicción entre los puntos a y b, ya que por un lado se afirma que el mundo está regido por el azar, y por el otro lado que está regido por una causalidad inexorable. Si bien von Bertalanffy no

aclara explícitamente la relación entre ambas ideas, se esbozan aquí una línea de pensamiento que intenta compatibilizar ambas afirmaciones.

Un fenómeno cualquiera puede, en principio, ser explicado desde dos puntos de vista no necesariamente excluyentes: en forma causal y en forma finalista o, si se quiere, en función de una causa y/o en función de una meta. Es lo que Aristóteles había denominado, respectivamente, la causa eficiente y la causa final. Pueden citarse dos ejemplos, el primero de ellos típicamente aristotélico: 1) la caída de un cuerpo se puede explicar a partir de una causa (fue soltado) y/o a partir de una meta (el cuerpo tiende a ir hacia su 'lugar natural', el centro de la tierra); 2) el llanto puede ser explicado a partir de una causa (el dolor produce llanto) y/o a partir de una meta (para reducir tensiones, o para obtener calma).

El punto de vista mecanicista ha reducido toda explicación a la explicación por causas, no por metas o finalidades. En la medida en que los acontecimientos del mundo nos están dirigidos hacia ninguna meta, son 'ciegos', para utilizar una expresión de von Bertalanffy (30), es decir no están ordenados hacia un fin, y en este sentido puede entenderse que son azarosos o fortuitos. Por ejemplo, la evolución de los seres vivientes aparece, para el mecanicismo, amasado por el juego sin sentido de mutaciones azarosas y selección (45).

FOR AUTHOR USE ONLY

Pero si bien las mutaciones no tienen una finalidad, un 'telos' o una sentido, son en sí mismas agentes causales de la selección, y en la medida en que se conocen esas causas y las leyes que rigen el proceso (por ejemplo las leyes de la genética), se podrá predecir qué ocurrirá en el futuro. He aquí la inexorabilidad de las leyes causales de que habla el mecanicismo, que aparece así imbuido del conocido espíritu laplaceano según el cual, a partir del conocimiento del estado inicial de un proceso y de las leyes que lo rigen, es posible predecir con exactitud cualquier otro estado subsiguiente (30).

3. Mecanicismo y determinismo.- Sin embargo, no debe identificarse el mecanicismo con el determinismo. La concepción

mecanicista del mundo fue determinista en sus orígenes, cuando postulaba que los fenómenos del mundo estaban regidos por leyes causales inexorables. A esta primera etapa se refiere von Bertalanffy cuando habla de causalidad unidireccional y vínculos causales separados e independientes.

Sin embargo (30), esta visión mecanicista no quedó alterada -antes bien, se reforzó- cuando en la física las leyes deterministas fueron reemplazadas por leyes estadísticas. De acuerdo con la derivación de Boltzmann del segundo principio de la termodinámica, los fenómenos evolucionan hacia un estado de máxima probabilidad, de suerte que las leyes físicas son esencialmente 'leyes del desorden', fruto de acontecimientos desordenados, estadísticos. Un desarrollo posterior del mecanicismo fue, entonces, el indeterminismo.

Más claramente: cuando se trata con partículas muy pequeñas, sub-atómicas, desaparecen los nexos causales y todo parece estar regido por el desorden. Esto no implica imposibilidad de predecir: las predicciones ya no se realizan en base a leyes causales estrictas sino en base a leyes estadísticas, las cuales, por ejemplo, en lugar de afirmar que una partícula estará con seguridad en un cierto momento en tal lugar (ley causal), afirmarán que ello sólo puede saberse con un cierto grado de probabilidad (ley estadística).

FOR AUTHOR USE ONLY

4. Mecanicismo y atomismo.- El mecanicismo clásico es atomista, y por lo tanto la tarea del científico es eminentemente analítica (45): descomponer el fenómeno en unidades o partes cada vez más pequeñas, aislando cadenas causales separadas o independientes. Así, la realidad física era descompuesta en puntos de masa o átomos, el organismo vivo en células, el comportamiento en reflejos, la percepción en sensaciones puntuales, etc.

Con el advenimiento del indeterminismo, el atomismo perdió mucho de su vigencia: los electrones, por ejemplo, ya no eran elementos o partes discernibles e identificables como tales, sino que quedaban definidos como 'nubes de probabilidades' en un espacio cuántico (distinto al familiar espacio cotidiano), espacio donde cada sector queda definido por un cierto grado de probabilidad de encontrar un

electrón, entendido este último más como energía que como punto material.

5. Mecanicismo y reduccionismo.- Si el mecanicismo es reduccionista es sobre todo porque reduce todas las ciencias al modelo mecánico proporcionado por la física clásica. Más concretamente, son reducidas a la física la biología, las ciencias del comportamiento, la sociología, la historia, etc.

a) Reducción de la biología a la física.- El fisicalismo, de inspiración mecanicista, consideraba al organismo viviente como una extraña (en el sentido de fortuita, azarosa) combinación de aconteceres o máquinas de naturaleza físico-química (90). La biología mecanicista veía su meta en la fragmentación de los fenómenos vitales en entidades atómicas y procesos parciales. El organismo vivo era descompuesto en células, sus actividades en procesos fisiológicos y por último físico-químicos, el comportamiento en reflejos condicionados y no condicionados, el mecanismo de la herencia en genes discretos, y así sucesivamente (31). Es así que este reduccionismo no intenta explicar el fenómeno de la vida sino a partir de procesos físico-químicos, es decir, proporcionando la misma explicación que daba de la materia inanimada, con lo cual soslayaba la especificidad del fenómeno vital. Como indica von Bertalanffy, para el fisicalismo no interesa si el perro está vivo o está muerto (144), pues los procesos que en ambos ocurren, aunque diferentes, son igualmente explicables desde el único modelo de la física.

La evolución era explicada de manera similar. El mundo viviente aparecía como producto de la casualidad, fruto de mutaciones al azar y de la supervivencia en el apuro de la selección natural (196).

b) Reducción de las ciencias del comportamiento y sociales a la física.- La psicología de la asociación, de inspiración mecanicista, trataba de resolver los fenómenos mentales en unidades elementales -átomos psicológicos, se diría- tales como sensaciones. Del mismo modo, en las ciencias sociales el concepto de sociedad fue concebido como una suma de individuos como si fuesen átomos sociales (31).

FOR AUTHOR USE ONLY

Por otra parte, tanto para el conductismo como para el psicoanálisis, la personalidad humana era considerada, desde la perspectiva mecanicista y posivitista, como el producto casual de 'natura y nurtura', de una mezcla de genes y una sucesión accidental de acontecimientos desde la primera infancia hasta la madurez (196). En la práctica, este reduccionismo ha sido fatal para la civilización (90), ya que la actitud de considerar los fenómenos físicos como único patrón de realidad ha llevado a la mecanización del género humano y a la devaluación de los valores superiores.

6. Mecanicismo y TGS.- Según von Bertalanffy, el mecanicismo ha resultado ser un punto de vista insuficiente para la comprensión de una gran variedad de acontecimientos del mundo. Entre las principales críticas que caben formularse al mecanicismo desde una TGS, pueden mencionarse las siguientes:

a) No es verdad que el mundo esté regido por las 'ciegas' leyes de la naturaleza y que muchos acontecimientos no tengan una meta o una direccionalidad. No se podría concebir un organismo vivo -no se diga ya un comportamiento o la misma sociedad humana- sin tener en cuenta lo que se suele llamar adaptabilidad, intencionalidad, persecución de metas y cosas semejantes (46).

La idea de teleología, o bien era explicada a partir de ciertos agentes sobrenaturales o misteriosos, como lo hacía por ejemplo el vitalismo, o bien considerada un seudo problema, como lo hacía el mecanicismo al sostener que mal puede plantearse el problema del porqué de las metas, cuando en rigor no hay metas preestablecidas y todos los procesos son resultado del azar.

La TGS optará por una tercera solución: las metas existen, y pueden ser entendidas a partir de ciertas características de ciertos sistemas tales como por ejemplo la equifinalidad y la intencionalidad. Frente a la visión mecanicista del mundo como caos, opondrá una nueva visión del 'mundo como organización' (196).

b) No es verdad que todo pueda ser explicado a partir de cadenas causales lineales independientes entre sí. La ciencia clásica se

FOR AUTHOR USE ONLY

ocupaba ante todo de problemas de dos variables, de cursos causales lineales, de una causa y un efecto o de unas pocas variables cuanto mucho. Daba así soluciones perfectas para la atracción entre dos cuerpos celestes, un sol y un planeta, por ejemplo, pudiendo predecir exactamente sus futuras configuraciones. También podían solucionarse problemas de dos cuerpos como el protón y el electrón. Si las variables en juego o los cuerpos se multiplicaban, surgían problemas: ya la situación de tres cuerpos en mecánica es insoluble en principio y sólo puede abordarse mediante aproximaciones (96).

Muchos problemas quedaban así sin resolver, como los que aparecían en la física y la biología modernas, donde había en juego muchas variables (aunque no infinitas), es decir, frente a totalidades organizadas en las cuales los elementos interactúan mutuamente. La TGS viene a llenar este vacío introduciendo nuevas herramientas conceptuales tales como interacciones multivariable (por ejemplo la cinética de reacción, los flujos y fuerzas en termodinámica irreversible), organización, automantenimiento, directividad, etc., y, en definitiva, expandiendo las leyes de la física clásica de manera tal que poder abarcar también el reino biológico (96, 160).

FOR AUTHOR USE ONLY

El método de la ciencia clásica era indudablemente lo más apropiado para estudiar fenómenos que pueden descomponerse en cadenas causales aisladas o que son consecuencia estadística de un número infinito de procesos aleatorios, como pasa con la mecánica estadística y el segundo principio de la termodinámica. Pero, como quedó indicado, los modos clásicos de pensamiento fracasan cuando hay interacción entre un número grande, pero limitado, de elementos o procesos (35).

En suma, 1) los cursos causales no son lineales sino interactivos, es decir, no puede reducirse todo a diadas causa-efecto, sino considerar totalidades de elementos interactuantes entre sí donde cada elemento es al mismo tiempo causa y efecto. Y b) los cursos causales no son independientes, sino que, en virtud de aquella interacción, unos dependerán de otros. De aquí la necesidad de

nuevas categorías de pensamiento (45) como las de totalidad, holismo (de hole=totalidad), organismo, gestalt, etc.
c) No es verdad que todo el conocimiento científico pueda ser reducido sin más al esquema de la física clásica. La biología, las ciencias de comportamiento, la sociología tienen ellas sus propios instrumentos conceptuales para explicar y predecir, tal como sucede en la misma física. Y pueden hacerlo porque, precisamente, han expandido la física clásica introduciendo nuevas categorías de pensamiento como las indicadas precedentemente (96, 97). En última instancia, la forma mecanicista de pensar es también consecuencia de nuestras categorías y hábitos lingüísticos específicos (237) y se supone que, cambiando estos, podrá superarse la estrechez del dogma mecanicista proponiendo, desde las nuevas categorías, una también nueva visión del mundo.

FOR AUTHOR USE ONLY

MECANIZACIÓN

Propiedad formal de los sistemas o principio de organización de los mismos según el cual estos, en su evolución, van pasando de un estado de interacción dinámica entre sus componentes, hacia otro estado donde se establecen disposiciones fijas y condiciones restrictivas que tornarán al sistema más eficiente (44). Se dice así, que el sistema va mecanizándose progresivamente.

El principio de mecanización progresiva expresa la transición de una totalidad indiferenciada a una función superior, que se hace posible gracias a la diferenciación y a la especialización (o división del trabajo entre las partes). Tal transición implica también la pérdida de potencialidades de los componentes, y la pérdida de la regulabilidad de conjunto o regulabilidad primaria, con lo cual pasa a dominar la regulabilidad secundaria (44,45, 71, 223) (ver *Regulación*).
La mecanización aparece en los sistemas biológicos, neurológicos, psicológicos y sociales (44), donde desempeñan un importante

papel. En tales ámbitos, parece ser que lo primario es un comportamiento que resulta de la interacción de todas las partes entre sí. Secundariamente van apareciendo elementos cuyos comportamientos sólo dependen de ellos mismos, no del todo, es decir, se pasa a comportamientos relativamente aislados entre sí, cuya suma daría como resultado el comportamiento de todo el sistema (sumatividad): el sistema ha ido mecanizándose. Así por ejemplo, en la evolución del sistema nervioso hay partes que se vuelven irreemplazables para ciertos funcionamientos, como por ejemplo los reflejos. Otro tanto ocurre en las estructuras sociales. En una comunidad primitiva cada miembro puede hacer casi cualquier cosa que pueda esperarse en su conexión con el todo, pero en una comunidad altamente diferenciada (estadio posterior) cada miembro tiene su propia función específica: la especialización llevó a la mecanización. El progreso sólo es posible pasando de un estado de totalidad indiferenciada a la diferenciación de partes, o también, por subdivisión de una acción inicialmente unitaria en acciones de partes especializadas. La diferenciación de estructuras (partes) y funciones (acciones que ejecutan las partes) lleva entonces a la mecanización progresiva (71,72).

FOR AUTHOR USE ONLY

Cabe destacar, sin embargo, que jamás se alcanza la mecanización completa, mientras la vida persista. Aun cuando el organismo esté en parte mecanizado, no deja de ser un sistema unitario: tal es el fundamento de la regulación y de la interacción con las cambiantes exigencias del medio ambiente (71,72). Esto significa que, si el sistema vivo es afectado por influencia del entorno, buscará compensar el desequilibrio producido comportándose como una totalidad, donde cada parte mecanizada quedará subordinada inmediatamente a ella.

METABOLISMO

Es el conjunto de reacciones químicas y los cambios energéticos concomitantes que tienen lugar en el ser vivo, y que le permiten obtener materia y energía para su trabajo de

automantenerse y reproducirse. Estas reacciones (163) están reguladas de tal manera que le permiten a la célula o al organismo mantenerse en un estado uniforme, que constituye una propiedad fundamental de los sistemas abiertos.

Los procesos metabólicos ilustran la hipótesis sistémica del organismo como sistema abierto con tendencia al estado uniforme (140). Es un sistema abierto porque intercambia materia y energía con el medio. Una planta, por ejemplo, incorpora moléculas simples y entrega moléculas transformadas, y también recibe energía solar y entrega a su vez energía al medio. Además, la célula y el organismo vivos no son máquinas estáticas compuestas de materiales de construcción más o menos permanentes, entre los cuales los materiales productores de energía procedentes de la nutrición fueran degradados para abastecer de energía los procesos. Encierran en realidad un dinamismo continuo en el cual hay degradación y regeneración tanto de los materiales de construcción (por ejemplo proteínas) como de las sustancias productoras de energía (por ejemplo carbohidratos), procesos ambos que están regulados de tal manera que la célula y el organismo se mantienen aproximadamente constantes en un estado llamado estado uniforme (163). Los sistemas abiertos y los estados uniformes en general desempeñan un papel fundamental en el metabolismo, si bien sólo ha sido posible formularlos matemáticamente únicamente en casos sencillos (140).

FOR AUTHOR USE ONLY

MODELO

Construcción conceptual que intenta representar determinados aspectos o sectores de la realidad, y cuya finalidad es explicar y predecir cierta clase de fenómenos que en ella ocurren y ocurrirán (97, 123, 193, 210). Según diferentes criterios, los modelos pueden ser mecanicistas y organísmicos (24), matemáticos y verbales (23), físicos,

biológicos, psicológicos y sociológicos e históricos (27), etc. Ejemplos de modelos son: el psicoanálisis, la cibernética, el hombre-robot, la homeostasia, la alometría, el sistema abierto, etc.

1. Características de los modelos.- De acuerdo a von Bertalanffy, pueden sistematizarse las características de los modelos en los siguientes puntos:

a) Todo modelo busca representar un aspecto o sector de la realidad (123, 193), y por tanto debe estar construido sobre la base de los datos empíricos. Los modelos puramente especulativos carecen de interés científico (193), salvo que sea posible aplicarlos a alguna clase de fenómenos.

b) Los modelos representan en forma simplificada, y por lo tanto, comprensible, la realidad correspondiente. Así entonces está el modelo newtoniano en mecánica, el modelo corpuscular o el ondulatorio en física atómica, el modelo de crecimiento de una población, el modelo de los juegos para explicar y predecir decisiones políticas, etc. (209, 210).

c) Todo modelo procura explicar los fenómenos observados o los resultados experimentales obtenidos sobre ellos, y aspira también a predecir aquellos que aún no ocurrieron. Todo modelo debe ser investigado de acuerdo con su mérito, considerando las explicaciones y predicciones que permita, y la decisión acerca de si un modelo convendrá o no reposa exclusivamente en hechos de observación y experimentación (193).

d) Los modelos funcionan como hipótesis de trabajo para investigaciones posteriores (193), lo que significa que son susceptibles de ratificación, rectificación o reemplazo por un nuevo modelo. No hay modelos rígidos o definitivos. Ningún modelo es el único posible y en el mejor de los casos será una aproximación por elaborar y corregir poco a poco según una interacción estrecha entre experimentación y conceptualización (193). Precisamente, el riesgo que corre todo modelo es el de incurrir en la falacia del 'nada sino', es decir, el de autoinstaurarse como el único posible, como

FOR AUTHOR USE ONLY

ha ocurrido con el modelo mecanicista y el modelo psicoanalítico (123).
e) Un mismo fenómeno puede ser descrito desde diferentes modelos. Por ejemplo, las varias teorías de los sistemas son modelos que reflejan diferentes aspectos de la misma realidad, no se excluyen mutuamente y a menudo se aplican en forma combinada. La cibernética y el modelo de sistema en sentido estrecho (ver *Sistema*) son dos modelos que pueden aplicarse a las mismas realidades (97).
f) A la inversa del caso anterior, un mismo modelo puede aplicarse a realidades distintas. Tal el caso de los modelos interdisciplinarios (97), aplicables a fenómenos en diferentes campos, como el modelo de sistema abierto, aplicable tanto en biología como en psicología y sociología. Esto lleva al concepto de isomorfismo entre modelos (ver *Isomorfismo*). Otro ejemplo: el modelo de la retroalimentación es aplicable a sistemas materiales, psicológicos y socioculturales (27).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Ventajas y peligros de los modelos.- Como ventaja, el modelo es el camino para crear una teoría, es decir, el modelo permite deducciones a partir de premisas, explicación y predicción, a menudo con resultados inesperados. El peligro es la excesiva simplificación: para hacerla conceptualmente controlable tenemos que reducir la realidad a un esqueleto conceptual, dejando en pie la pregunta acerca de si no habremos obviado aspectos cruciales o esenciales de la misma. El riesgo de supersimplificación es tanto mayor cuanto más múltiple y complejo es el fenómeno. Fenómenos complejos son los culturales e históricos, por ejemplo, y de aquí que las grandes teorías de la cultura y la historia resultan ser modelos muy imperfectos (210).

3. Modelos matemáticos y verbales.- Los primeros describen la realidad en términos de ecuaciones y algoritmos, y los segundos son menos precisos ya que utilizan palabras para esas descripciones. Ciertos modelos económicos y evolucionistas como el de Darwin comenzaron siendo modelos verbales, y luego fue

posible matematizarlos parcialmente. Otros modelos son fundamentalmente verbales, como el psicoanálisis. Otros, en fin, nacieron como modelos matemáticos, pero pronto encontraron dificultad en ser aplicados como tales en psicología y sociología.
Von Bertalanffy piensa al respecto que primero debe intentarse la construcción de un modelo no matemático, verbal, aun cuando los algoritmos sean mucho más precisos que el lenguaje ordinario, y, a partir de ellos, intentar luego matematizarlos hasta donde sea posible. No conviene, en cambio, construir a priori un modelo matemático prematuro que calque algoritmos conocidos, ya que con ello se puede restringir el campo visual, es decir, no ver ciertos aspectos esenciales de los fenómenos de la realidad (22, 23).

4. Otros tipos de modelos.- Von Bertalanffy contrapone en primer lugar los modelos mecanicistas y vitalistas a los modelos organísmicos (ver *Mecanicismo*, *Vitalismo* y *Organísmica, concepción*). Entre los modelos mecanicistas está por ejemplo el modelo del hombre-robot como esquema con pretensiones de universalidad para explicar el comportamiento humano, y fundado en cuatro principios básicos: estímulo-respuesta, equilibrio, ambientalismo y economía (ver estos artículos, y también *Comportamiento*).
Ejemplos de modelos organísmicos que von Bertalanffy describe con cierto detalle (162, 193) son: el modelo de organismo como sistema abierto y estado uniforme, la homeostasis, la alometría, y el modelo de Bertalanffy para el crecimiento.

FOR AUTHOR USE ONLY

OBSERVACIÓN

De acuerdo a la epistemología sistémica, la observación como parte del quehacer científico tiene dos importantes características: a) está impregnada de teoría, y b) por sí sola es insuficiente como medio de conocimiento: la ciencia procura siempre expandir lo observable.

1. Caracterización.- En el marco de la epistemología de los sistemas, la observación forma parte imprescindible del quehacer científico, y presenta los siguientes caracteres:
a) La percepción no es una simple copia de las 'cosas reales', sino el resultado de una interacción entre el conocedor y lo conocido, interacción que a su vez depende de múltiples factores de tipo biológico, psicológico, cultural, lingüístico, etc. (ver *Categoría*). La propia física enseña que no hay entidades últimas tales como corpúsculos u ondas que existan independientemente del observador (XVI, XVII). La observación no es entonces neutral, y aun la que se considera supuestamente no adulterada, está ya impregnada de toda suerte de imágenes conceptuales, modelos o teorías. Por lo tanto, la opción no es o bien observar o bien teorizar, sino mas bien elegir entre modelos que estén más cerca o más lejos de la observación directa, o que sean más, o menos adecuados para representar lo observado (162).
b) Si bien la observación es un importante punto de partida para la investigación científica (la física comienza por fuerza con la experiencia sensorial del ojo, el oído, el sentido térmico, etc.), la ciencia busca trascender la simple observación expandiéndola mediante la construcción de teorías cada vez más abstractas y abarcativas, e incluso estas a su vez se fundirán entre sí hasta el punto en que ya no tienen más una relación ostensible con lo 'visualizable' o lo 'intuible'. Esta evolución forma parte del proceso de desantropomorfización del conocimiento científico, esto es, de su proceso de liberación de las determinaciones específicamente humanas, y esta evolución está también ligada a la invención de órganos artificiales de los sentidos (microscopios, telescopios, etc.), con lo que las partículas últimas dejan de ser realidades metafísicas escondidas detrás de lo observado, y a la sustitución del observador humano por el instrumento registrador (amperímetro, balanza, etc.) (254, 255).

2. Ejemplo.- a) Un investigador generalista sistémico guiará sus observaciones según este enfoque, y entonces seleccionará especialmente por ejemplo las interacciones entre los elementos

FOR AUTHOR USE ONLY

del fenómeno observado. b) Sin embargo, dicho investigador no se quedará con una mera descripción particular y superficial. No será particular porque buscará semejanzas significativas con otras observaciones e intentará generalizarlas a partir del concepto teórico de 'sistema'. No será superficial porque su descripción no se basará en simples analogías engañosas (ver *Analogía*), sino que buscará similitudes más profundas, como las homologías y las explicaciones (ver *Homología* y *Explicación*).

ONTOLOGÍA DE SISTEMAS

Parte de la Filosofía de los sistemas que se ocupa de establecer qué se entiende por 'sistema' y cómo están plasmados los sistemas en los distintos niveles del mundo de la observación (XV).

FOR AUTHOR USE ONLY

La TGS en sentido amplio abarca la Ciencia de los Sistemas, la Tecnología de los sistemas y la Filosofía de los sistemas y, dentro de esta última, una parte es la Ontología de sistemas.

En sentido genérico, la ontología es el estudio de los entes. Específicamente, la Ontología de sistemas aborda el estudio de entidades especiales llamadas 'sistemas', fijando su significación, alcance y tipos.

Discrimina así dos tipos de sistemas: los sistemas reales y los sistemas conceptuales. Los primeros son entidades percibidas en la observación o inferidas de ésta. Por ejemplo un perro, una galaxia, una célula o un átomo. Los segundos son ante todo construcciones simbólicas, como por ejemplo la lógica o la matemática, sin referencia a la realidad, pero también los hay referidos a ella, como los llamados sistemas abstraídos, es decir, las diversas teorías científicas (XV, XVII). (Para mayor información, ver *Sistema*).

ORDEN JERÁRQUICO

Propiedad formal de los sistemas según la cual estos están superpuestos de forma tal que sus miembros o partes son a su vez sistemas del nivel inmediato inferior. Semejante estructura jerárquica y combinación en sistemas de orden creciente es característica de la realidad como un todo y tiene fundamental importancia especialmente en biología, psicología y sociología (76, 77).

1. Generalidades.- Hoy en día se 've' el universo como una gran jerarquía. Empezando desde las más inferiores encontramos, en orden: partículas elementales, núcleos atómicos, átomos, moléculas, compuestos de molécula compleja, una pléyade de estructuras que caen entre las moléculas y las células (y visualizables en microscopía electrónica y óptica), luego células-organismos y, más allá, organizaciones supraindividuales como los organismos inferiores, los animales, el hombre, hasta llegar a los sistemas socio-culturales y simbólicos (26 a 29).
Una jerarquía parecida surge tanto en 'estructuras' como en 'funciones', pero sea cual fuese el punto de vista considerado, una teoría general del orden jerárquico será un pilar de la TGS. Si bien hay progresos en cuanto a forma de representar los niveles jerárquicos (en forma verbal, semimatemática, lógica matemática, 'árboles', etc.), aún no pueden ser expresados adecuadamente en términos de energía (entropía negativa) ni el términos de información (bits), habida cuenta de que el orden jerárquico está íntimamente vinculado a las ideas de diferenciación, evolución y medición de la organización (26, 27).

2. Relación entre los niveles.- Los niveles jerárquicos no son independientes entre sí. Por ejemplo el organismo vivo es un orden jerárquico de sistemas abiertos. Lo que se impone como estructura duradera en determinado nivel está sustentado, de hecho, por un continuo intercambio de componentes en el nivel inmediatamente inferior. Así el organismo multicelular se mantiene en y por

FOR AUTHOR USE ONLY

intercambio de células, la célula por intercambio de estructuras celulares, éstas por intercambio de ingredientes químicos, etc. Como regla general, los ritmos de renovación son tanto más veloces cuanto menores son los componentes considerados (166).

3. Orden jerárquico y centralización.- Se trata de dos de las propiedades formales de los sistemas (ver *Sistema*), y están particularmente vinculadas entre sí, en el sentido que la progresiva centralización conduce a un progresivo desarrollo de nuevos niveles jerárquicos.
Al respecto, von Bertalanffy refiere que la mecanización conduce a menudo al establecimiento de 'partes conductoras', o componentes que dominan la conducta del sistema. Tales centros pueden funcionar como disparadores, es decir, un cambio pequeño en una parte conductora por medio de mecanismos amplificadores, provoca grandes cambios en el sistema total. De esta manera llega a establecerse un orden jerárquico de partes o procesos. En el cerebro, así como en la función mental, se alcanzan la centralización y el orden jerárquico por estratificación, es decir por superposición de 'capas' más altas que adoptan el papel de partes conductoras (223).

FOR AUTHOR USE ONLY

ORGANÍSMICA, CONCEPCIÓN

Los fenómenos vitales se explican, en el contexto de la TGS, a partir de una concepción organísmica según la cual los sistemas vivos son sistemas abiertos y, como tales, exhiben características tales como el estado uniforme, la equifinalidad, la entropía negativa y el orden jerárquico. El origen y la evolución de la vida podrían quedar también explicados en los mismos términos, aun cuando falten todavía más investigaciones al respecto. En contraste, los puntos de vista mecanicistas y vitalistas han resultado insuficientes para explicar la especificidad del fenómeno vital.

1. Generalidades.- Básicamente hay tres puntos de vista que intentan explicar el fenómeno de la vida: el mecanicismo, el vitalismo y la concepción organísmica (92).

a) El mecanicismo reduce los procesos biológicos a las leyes de la naturaleza inanimada (160): en términos físico-químicos, un organismo vivo es un agregado de un gran número de procesos definibles mediante fórmulas químicas, ecuaciones matemáticas y leyes de la naturaleza. Tales procesos ocurren tanto en organismos vivos como en organismos muertos, por lo cual recurrir a ellos para explicar la vida carece de sentido (144).

b) El vitalismo intenta explicar la vida a partir de la existencia de ciertas entidades metafísicas como el impulso vital, etc. Se requiere, sin embargo, una explicación científica de la vida, y a ella se acerca más la TGS al dar cuenta de ciertos fenómenos vitales a partir de ciertas características de los sistemas, como por ejemplo la equifinalidad (ver *Vitalismo*).

c) En oposición a los planteos mecanicistas y vitalistas, la TGS procura explicar el fenómeno vital desde una concepción organísmica, según la cual la regulación de aconteceres en el sentido del mantenimiento, la producción y la reproducción de la totalidad orgánica- constituyen un criterio general de la vida (269).

FOR AUTHOR USE ONLY

El comportamiento de los seres vivos puede ser explicado si son considerados como sistemas abiertos. Todo organismo viviente es ante todo un sistema abierto. Se mantiene en continua incorporación y eliminación de materia, constituyendo y demoliendo componentes, sin alcanzar, mientras la vida dure, un estado de equilibrio químico y termodinámico, sino manteniéndose en un estado llamado uniforme (steady) que difiere de aquél. Tal es la esencia misma de ese fenómeno fundamental de la vida llamado metabolismo, es decir el conjunto de los procesos químicos que ocurren dentro de las células vivas (39).

El organismo viviente como sistema abierto que se mantiene en estado uniforme presenta algunas características como las siguientes:

1) Equifinalidad: los estados uniformes son equifinales, es decir, el mismo estado independientemente del tiempo puede ser alcanzado a partir de diferentes condiciones iniciales y por distintos caminos, en gran contraste con los sistemas físicos ordinarios, donde el estado de equilibrio está determinado por las condiciones iniciales (40, 165).
2) Entropía positiva: Mientras los sistemas físicos exhiben entropía positiva, los sistemas vivientes poseen entropía negativa. En los sistemas cerrados el cambio de entropía es siempre positivo, es decir, la entropía siempre aumenta, lo que equivale a decir que hay una continua destrucción del orden. En los sistemas abiertos, sin embargo, no sólo hay producción de entropía debida a procesos irreversibles, sino también entrada de entropía que bien puede ser negativa, vale decir, pueden desarrollarse hacia estados de orden y organización crecientes. Tal es el caso del organismo vivo, que importa complejas moléculas ricas en energía libre (41). Orden y organización crecientes implican la posibilidad de persistir, crecer, desarrollarse, reproducirse, etc. (144).
3) Orden jerárquico: El organismo vivo es un orden jerárquico de sistemas abiertos. Lo que se impone como estructura duradera en determinado nivel está sustentado por un continuo intercambio de componentes en el nivel inmediatamente inferior. Así, el organismo se mantiene en y por intercambio de células, la célula por intercambio de estructuras internas a la célula, éstas por intercambio de ingredientes químicos, etc. (166).
La teoría de los sistemas abiertos y los estados uniformes es una expansión de la físico-química, la cinética y la termodinámica ordinarias, necesaria para poder explicar el acontecer vital (93). Esta expansión es conocida como 'termodinámica irreversible' (165). Esta 'revolución organísmica' es relativamente reciente, y está basada en los modernos adelantos de las ciencias biológicas y del comportamiento (196).
Puesto que los sistemas vivos son sistemas abiertos, el lector podrá remitirse a los correspondientes artículos para ampliar las características del sistema vivo tales como el estado uniforme, la equifinalidad, la entropía negativa, el orden jerárquico, etc.

FOR AUTHOR USE ONLY

2. La concepción organísmica y la biogénesis.- Cabe examinar por último, la posición de la concepción organísmica frente al problema del origen de la vida. Von Bertalanffy admite la posibilidad de responder a este interrogante desde la teoría de los sistemas abiertos, aun cuando todavía falte investigar más en este ámbito (159).

Concepciones tales como la teoría del océano primordial y la teoría sintética de la evolución resultan, hoy por hoy, insuficientes para la explicación del origen de la vida y la evolución de las especies vivientes. La primera de estas teorías explica el origen de la vida por la aparición casual de compuestos orgánicos (aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas, ATP, etc.) en un océano primordial, los cuales, por selección, constituyeron unidades que se reproducían, formas análogas a los virus, protoorganismos, células, etc. De modo similar, la teoría sintética de la evolución explica la evolución de la vida como el resultado de mutaciones casuales en el código genético bajo el imperio de la selección, es decir de la supervivencia de aquellos genotipos que producen mayor descendencia en las condiciones externas existentes (158).

Von Bertalanffy criticará estas posturas, señalando que la selección, la competencia y la supervivencia del más apto 'presuponen' la existencia de sistemas que se automantengan, es decir de sistemas vivos; así, no pueden ser el resultado de la selección. Hoy por hoy no se conoce ley física alguna que prescriba que, en una 'sopa' de compuestos orgánicos como la del océano primordial, se formen sistemas abiertos que se automantengan, ni menos aún que evolucionen formando nuevos y distintos seres vivos. La generación de las condiciones para que haya vida y para que ésta evolucione es físicamente posible sólo si intervienen 'fuerzas organizacionales' de alguna clase y haya una acumulación de información en el código genético. Este último no estaría constituido solamente por un vocabulario (dado por los nucleótidos) sino por una 'gramática' sin la cual, en el mejor de los casos, produciría un montón de proteínas, pero no un organismo organizado. Ciertas experiencias sobre la regulación genética

FOR AUTHOR USE ONLY

indican la existencia de esa organización del sustrato hereditario; habrá que estudiar también sus efectos en las leyes macroscópicas de la evolución (159).

ORGANISMO

Los fenómenos de la vida sólo residen en entidades llamadas organismos, y todo organismo es un sistema, esto es, un orden dinámico de partes y procesos en mutua interacción (218). Ejemplos: una planta, un árbol, un animal, el hombre. Von Bertalanffy tiende a calificar organismo al ser vivo multicelular, aun cuando su definición es igualmente aplicable a un organismo unicelular.

1. El organismo como sistema abierto.- Si bien dentro del organismo existen sistemas en equilibrio (sistemas cerrados como por ejemplo el sistema oxígeno-hemoglobina-oxihemoglobina), al organismo como tal no puede considerárselo como un sistema cerrado o en equilibrio, porque continuamente está intercambiando materia y energía con el medio ambiente y, en lugar de tender hacia un estado de equilibrio, tiende hacia un estado uniforme, propio de los sistemas abiertos (124, 125). En efecto, el organismo mantiene un desequilibrio llamado estado uniforme, y está así en situación de canalizar tensiones hacia la actividad espontánea o en respuesta a estímulos desencadenantes, (219) lo que hace que, respectivamente, el organismo pueda ser considerado como activo por tener actividad autónoma, y como pasivo por responder a estimulaciones perturbadoras, aunque la primera de estas características tiene una especial importancia en la consideración sistémica.

El modelo de organismo como sistema abierto ha demostrado su utilidad en la explicación y formulación matemática de numerosos fenómenos vitales, y lleva también, como es de esperar de toda hipótesis científica de trabajo, a nuevos problemas, algunos de ellos fundamentales (159, 160). En oposición a este modelo, existe

FOR AUTHOR USE ONLY

también el modelo de organismo como máquina (modelo mecanicista), cuyas dificultades y limitaciones obligaron a abandonarlo, sustituyéndoselo por el modelo sistémico abierto (ver *Máquina*).

2. Organismo y personalidad.- Del mismo modo que los fenómenos de la vida los hallamos en entidades llamadas organismos, los fenómenos psicológicos sólo se hallan en entidades individualizadas que en el hombre se denominan personalidades. Como indica Allport, sea lo que fuere la personalidad, tiene las propiedades de un sistema (218).

ORGANIZACIÓN

Sistema de variables mutuamente dependientes (6). En cuanto un sistema es concebido como un conjunto de partes en interacción, los conceptos de 'sistema' y 'organización' son asimilables entre sí, implicándose recíprocamente. Complejidades organizadas son tanto los sistemas cerrados como los abiertos (47), y dentro de estos últimos son organizaciones por ejemplo los organismos y los grupos sociales.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Organización y sistema.- El análisis de sistemas trata a la organización como un sistema de variables mutuamente dependientes, y de aquí que la moderna teoría de la organización conduzca casi inevitablemente a una discusión de la TGS (7). Toda organización implica interacciones de muchas (pero no de infinitas) variables (96).

Sea que se trate de sistemas u organizaciones, von Bertalanffy resalta en todo caso la importancia de las relaciones entre las partes, más que los elementos en sí. Estas relaciones son interacciones 'fuertes', en oposición a las complejidades no organizadas donde las interacciones, o bien son tan débiles que en la investigación se puede prescindir de ellas, o bien directamente

no existen, pasando a ser un simple conglomerado o amontonamiento de elementos.

Von Bertalanffy indica al respecto (34) que la teoría de la complejidad no organizada se arraiga a fin de cuentas en las leyes del azar y la probabilidad de la segunda ley de la termodinámica, dando como ejemplo el comportamiento de un gas como resultado de infinidad de movimientos desorganizados de sus innumerables moléculas. En este sentido el problema de las complejidades organizadas escapa a la física habitual, en la medida que se entienda por ellas a los organismos vivientes y a los grupos sociales. Aun así, es posible encontrar, pero ya en una concepción más moderna de la física (47) totalidades organizadas como por ejemplo un átomo, un cristal o una molécula. Es así que tanto los sistemas cerrados como los abiertos son concebibles como organizaciones (o totalidades organizadas, o complejidades organizadas).

Otras ideas vinculadas con la de organización son las de orden, fuerzas organizacionales y leyes de la organización. El orden es la base de la organización (157); toda organización es tal porque entre sus elementos operan fuerzas organizacionales de alguna clase, como por ejemplo las valencias o las fuerzas reticulares en el caso de la formación de cristales (159); finalmente si una complejidad está organizada es porque está regida por leyes, como por ejemplo las denominadas leyes férreas de las organizaciones (ver *Sociología*).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Tipos de organización.- Las totalidades organizadas pueden estar configuradas como sistemas cerrados (un cristal, un átomo, etc.) o como sistemas abiertos (un ser vivo, un grupo social, etc.). En este último caso, el sistema consigue mantenerse en un estado uniforme, lo cual al implicar un alto nivel de organización (148), ésta última se convierte en un fin a alcanzar.

En el contexto de las ciencias sociales es posible encontrar a su vez organizaciones informales (como la sociedad) y organizaciones formales (estructuras escrupulosamente instituidas como el ejército, la burocracia o las empresas comerciales) (7).

Desde un punto de vista metodológico, podemos hablar de organizaciones cuantitativas y organizaciones cualitativas (o más precisamente, aspectos cuantitativos y cualitativos de una organización). Así, hay organizaciones que se prestan para ser estudiadas cuantitativamente, como las organizaciones biológicas poblacionales tal como fueron descritas por Lotka, Volterra y otros, pero hay muchos aspectos de esas mismas organizaciones que no se prestan con facilidad a un abordaje cuantitativo, en cuyo caso nos queda recurrir a explicaciones 'en principio' de orden cualitativo (47, 48).

PARADIGMA

En el contexto de la obra de Thomas Kuhn, los paradigmas son realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica. Von Bertalanffy se anticipa a esta idea cuando sostiene (XI, XV) que el concepto de 'sistema' constituye un nuevo 'paradigma', en contraste con el paradigma mecanicista de la ciencia clásica.

FOR AUTHOR USE ONLY

Muy esquemáticamente, puede decirse con Kuhn que los paradigmas nacen, se desarrollan a través de la llamada 'ciencia normal', y luego poco a poco van siendo reemplazados, total o parcialmente, por nuevos paradigmas: es el momento de la 'revolución científica'.

Von Bertalanffy señala que tal desarrollo ocurrió cuando el paradigma sistémico, que él designa como 'nueva filosofía de la naturaleza' (XV), reemplazó al anterior paradigma de la ciencia clásica, un paradigma analítico que sustentaba una causalidad unidireccional y un mecanicismo que hablaba de las 'leyes ciegas de la naturaleza' que regían el mundo y el devenir, como si fuese un argumento shakesperiano contado por un idiota.

El nuevo paradigma propone una visión organísmica del mundo 'como una gran organización', sólo comprensible a partir de la idea de sistema. Permite explicar muchos fenómenos de la naturaleza como sistemas, es decir, como conjuntos de partes en interacción. El paradigma clásico estaba muy limitado en este sentido porque, si bien desmenuzaba el todo en partes, no tomaba en cuenta la interacción entre las mismas, característica esta definitoria de todo sistema (17). El nuevo paradigma pone así en primer plano aspectos de la realidad que anteriormente no eran considerados, y aun eran suprimidos, por el paradigma anterior (16).

Las primeras versiones de un nuevo paradigma suelen ser toscas, resuelven pocos problemas, y las soluciones distan mucho de ser perfectas. Hay una profusión y competencia de teorías, limitada cada una al número de problemas que puede resolver con elegancia. Sin embargo, el nuevo paradigma abarca nuevos problemas, especialmente los que antes eran rechazados por 'metafísicos'. Estos criterios que Kuhn establece para un nuevo paradigma se aplican, según von Bertalanffy, al nuevo paradigma sistémico. Por ejemplo en cuanto a la profusión de teorías, la teoría de los sistemas comprende un conjunto de enfoques que difieren en estilo y propósito (ver *Enfoques de sistemas*). Y en cuanto a los nuevos problemas que abarca y que anteriormente eran 'metafísicos', se encuentra el problema del espíritu vital como entidad metafísica, y que el paradigma sistémico plantea en los términos más científicos de la equifinalidad (ver *Vitalismo*).

FOR AUTHOR USE ONLY

PERSONALIDAD

En el contexto de la TGS, la personalidad es concebida como un sistema activo, vale decir, capaz de cierta actividad autónoma, en contraposición a la concepción del hombre-robot o del autómata, que la entiende desde un modelo reactivo o pasivo (202, 217).

1. La personalidad como un autómata reactivo.- Las llamadas psicologías del hombre-robot conciben el psiquismo como una entidad reactiva, esto es, como una instancia cuya 'actividad' se reduce simplemente a reaccionar frente a estímulos externos para retornar a un equilibrio original. Doctrinas como el conductismo y el psicoanálisis sostienen este punto de vista, que se funda en cuatro principios básicos (ver *Ambientalismo*, *Economía principio*, *Equilibrio principio*, y *Estímulo-respuesta*). Las teorías del hombre-robot (202) interpretan al organismo psicofísico y a la conducta en términos de satisfacción de necesidades, relajamiento de tensiones, restablecimiento de un equilibrio homeostático, y elaboran interpretaciones utilitarias y ambientalistas.

2. La personalidad como un sistema activo.- En las últimas décadas, la psicología se ha reorientado hacia una concepción más humanística, holística y organísmica, que, en contraste con la postura anterior, hace hincapié en el aspecto creador del ser humano, en la importancia de las diferencias individuales, en aspectos no utilitarios y que están más allá de los valores biológicos de subsistencia y supervivencia (202). El hombre no es un receptor pasivo de estímulos que le llegan del mundo externo, sino que, en un sentido muy concreto, 'crea' su universo (203). Al igual que la noción de organismo en las teorías biológicas actuales, la psicología de los últimos tiempos ha defendido la noción de personalidad en términos de actividad espontánea y funcionamiento autónomo (111).

FOR AUTHOR USE ONLY

Von Bertalanffy define esta postura, a la cual adscribe, y tal vez parafraseando una expresión de Freud relativa al principio del placer, como un punto de vista que está 'más allá del principio homeostático', y critica tres ideas básicas de la psicología del hombre-robot: a) El esquema E-R no explica el juego, las actividades exploratorias, la creatividad, la autorrealización, etc., y otras especies de comportamientos espontáneos y autónomos. b) El principio económico no explica la cultura como logro específicamente humano, y 3) el principio de equilibrio se equivoca al considerar la conducta en términos de reducción de tensiones.

De hecho, por ejemplo la privación sensorial puede acarrear trastornos de índole psicótica.
Entre los representantes de esta corriente se encuentran Allport, Murray, Goldstein y Maslow, que plantean teorías organísmicas de la personalidad; las psicologías del desarrollo de Werner, Schachtel, Bühler y Piaget; varias escuelas neofreudianas y la psicología del yo; las nuevas psicologías de la percepción, como el New Look, y de la cognición; la terapia de Rogers, la psicología existencial, etc. (109, 202, 203, 217). Dada la fecha en que von Bertalanffy hacía esta compilación de autores y corrientes, no podía mencionar toda la gama de escuelas de psicología sistémica que existen actualmente y que, en aquella época (1966), recién estaban dando sus primeros pasos.

3. Defensa del enfoque sistémico de la personalidad.- Von Bertalanffy (109, 110) se pregunta si este modelo, en tanto asimilable al enfoque sistémico de la TGS, puede realmente resultar eficaz, ya que podría objetarse que la noción de sistema está más ligada a la física que a la psicología, y además que opera con variables cuantitativas, cuando en psicología las variables son fundamentalmente cualitativas. Al respecto, este autor responde ambos cuestionamientos del siguiente modo: a) La noción de sistema es lo suficientemente amplia como para abarcar tanto los sistemas físicos como los psicológicos. Sus propiedades formales (ver *Sistema*), son igualmente aplicables a ambas realidades, vale decir que pueden aplicarse también a sistemas no materiales (como la personalidad). b) Aunque sea imposible una cuantificación en la investigación psicológica de la personalidad, esta noción entendida como sistema activo permite igualmente explicar la conducta humana, aunque se trate solamente de una 'explicación en principio' (ver *Explicación*).

FOR AUTHOR USE ONLY

PERSPECTIVISMO

Postura asumida por von Bertalanffy según la cual ninguna ciencia ni ninguna cosmovisión en particular tienen el monopolio del conocimiento. Antes bien, cada disciplina o cada cosmovisión constituye simplemente una determinada 'perspectiva' desde la cual puede conocerse el mundo (XVII, 49, 259).

Clásicamente, la física ha tenido el monopolio del conocimiento dentro de la ciencia, y ésta, a su vez, lo ha tenido dentro de las producciones culturales en general como el arte, etc. Debe entenderse la ciencia (XVII) como una de las posibles 'perspectivas' que el hombre, de acuerdo a sus capacidades y limitaciones biológicas y culturales, ha creado para vérselas con el universo al cual está 'arrojado'. Las posturas perspectivista y sistémica de von Bertalanffy resultan congruentes, en la medida que se considere a la TGS como una nueva perspectiva para la comprensión de la realidad, o también, a la idea de sistema como una nueva categoría para la construcción de nuestra imagen del mundo.

En tal sentido, la posición perspectivista se opone al reduccionismo, que justamente pretende todo lo contrario: erigir una determinada ciencia (paradigmáticamente, la física) como 'el' conocimiento al cual deben reducirse todas las demás ciencias (49, 259).

También debe distinguirse el perspectivismo del kantismo y del relativismo, ubicándose como una postura intermedia entre éstas dos últimas. En rigor, al relativismo debiera llamárselo relativismo absoluto o estricto, y al perspectivismo, relativismo moderado, aun cuando von Bertalanffy no utilice estas denominaciones (ver *Categoría*).

CO-AUTHOR IS ONLY

PSICOLOGÍA

En un sentido amplio, disciplina que estudia el comportamiento humano individual. En el marco de la TGS, von Bertalanffy (4, 197, 216) contrapone las teorías psicológicas del hombre-robot, a las nuevas corrientes psicológicas y psicopatológicas más congruentes con una visión organísmica, holística o sistémica del comportamiento humano. Es así que progresivamente, el hombre-robot va siendo reemplazado por la idea de sistema activo de personalidad (217).

1. La psicología del hombre-robot.- El modelo del robot para el comportamiento humano propone una 'imagen del hombre' originada en un universo físico-tecnológico, que según von Bertalanffy es demostrablemente falsa. El modelo en cuestión abarca un amplio espectro de doctrinas, antagónicas en otros sentidos, que van desde un conductismo que no ve diferencia entre la conducta humana y la conducta de las ratas de laboratorio, hasta un existencialismo para el cual la situación humana cae más allá de la comprensión científica, pasando por los modelos computarizados de los procesos cognitivos, y por el psicoanálisis.

Los planteos de la psicología del hombre-robot pueden explicitarse a partir de cuatro principios básicos (198,199): a) Esquema estímulo-respuesta: el comportamiento animal y humano, es respuesta a estímulos llegados del exterior (ver también *Estímulo-respuesta*); b) Ambientalismo: La conducta y la personalidad con conformadas por influencias externas (ver también *Ambientalismo*); c) Principio de equilibrio: Formulado freudianamente, es el principio de estabilidad, que afirma que la función básica del aparato mental consiste en mantener el equilibrio homeostático reduciendo todas las tensiones (ver también *Equilibrio, principio*); d) Principio de economía: el comportamiento es utilitario y debe ser realizado con el mínimo gasto de energía mental o vital (ver también *Economía, principio*).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Críticas a la psicología del hombre-robot.- El modelo del hombre-robot tuvo su justificación política. Servía de base a la ingeniería del comportamiento, es decir, a la posibilidad de manipular la conducta de los seres humano como si fueran ratas skinnerianas o robots, compradoras autómatas, conformistas y homeostáticamente ajustados (idiotas y zombies), con lo que las ganancias pecuniarias y los productos brutos nacionales crecerían cada vez más. Si estos postulados fueran ciertos, la tensión y el estrés generarían seres perturbados mentalmente, pero los hechos mostraron no sólo que fenómenos como la guerra no aumentaba las neurosis y las psicosis (aparte de efectos del choque directo o neurosis de combate), sino que en épocas de prosperidad y tranquilidad aparecía un número sin precedentes de enfermos mentales. Precisamente en condiciones de reducción de tensiones y satisfacción de necesidades biológicas aparecieron nuevas formas de trastorno mental: neurosis existenciales, tedio 'maligno' y otras derivadas de no hallar un significado a la propia vida (215).

FOR AUTHOR USE ONLY

3. Un ejemplo: el psicoanálisis.- El psicoanálisis es la teoría psicológica fundada por Sigmund Freud para explicar el comportamiento humano normal y en especial el patológico, proponiendo al mismo tiempo un método de investigación (la interpretación) y un modelo terapéutico (la psicoterapia analítica). Von Bertalanffy (111, 200, 224) critica el psicoanálisis, especialmente en cuanto desarrolla una concepción del hombre entendido como un robot que busca reducir permanentemente la tensión, planteo radicalmente opuesto al enfoque sistémico de la personalidad que él mismo sostiene y propugna.

El autor de la TGS critica la teoría psicoanalítica en cuanto la misma propone al hombre como un ser cuyo comportamiento se halla regido por los cuatro principios básicos de las psicologías del hombre-robot, dentro de las cuales incluye también al conductismo. Esos cuatro principios son el de estímulo-respuesta, el de equilibrio, el de economía y el ambientalismo (véanse los respectivos artículos).

De acuerdo con Freud, dice von Bertalanffy (111, 199), la tendencia suprema del organismo es quitarse de encima tensiones y pulsiones y reposar en un estado de equilibrio regido por el 'principio de estabilidad' que tomó Freud del filósofo alemán Fechner. Así, la conducta neurótica o psicótica resulta ser un mecanismo más o menos fallido destinado a restaurar el estado de equilibrio original. El 'principio de estabilidad' al que hace referencia von Bertalanffy es conocido también como principio de constancia, y sería equivalente al principio de homeostasis de Cannon, sólo que el primero se aplica mas bien al psiquismo, y el segundo a los procesos fisiológicos. La equivalencia está dada porque ambos principios aluden a la existencia de mecanismos que permiten compensar desequilibrios y que permiten el retorno a un estado de equilibrio original. Mientras Freud siguió tomando el principio de constancia como básico y fundamental, Cannon admitió, acercándose así más al enfoque organísmico de la TGS, que no todo puede reducirse a una explicación homeostática, refiriéndose a la existencia de fenómenos que caen fuera de ese ámbito y que llamó genéricamente 'heterostasia' (9). Von Bertalanffy plantea también la necesidad de revisar el principio original de homeostasia cuando se trata de la comprensión de fenómenos de comportamiento y sociales, ya que buena parte de la conducta humana, lejos de buscar retornar as un equilibrio sin tensiones, tiende a aumentarlas, a buscar estimulación, lo que probaría que el sistema de la personalidad es un sistema activo y relativamente autónomo (110,111).

FOR AUTHOR USE ONLY

Si bien no profundiza ni fundamenta sus críticas, von Bertalanffy señala también que ninguna de las formulaciones disponibles del psicoanálisis está libre de objeciones, tales como por ejemplo la teoría del aparato psíquico constituido por las instancias yo, superyó y ello, así como los conceptos de conciente e inconciente (224).

4. El surgimiento de las nuevas orientaciones.- Las psicologías del hombre-robot fueron generando poco a poco malestar en los ámbitos de la psicología teórica y aplicada, y empezaron a surgir

nuevas orientaciones centradas en el organismo psicofísico no ya como un robot, sino como un sistema activo de personalidad. En esas nuevas orientaciones se encolumnaron varias escuelas neofreudianas, la psicología del yo, las teorías de la personalidad (Murray, Allport), la psicología europea del desarrollo infantil (Piaget, Werner, Bühler), el New Look, la autorrealización (Goldstein, Maslow), la terapia de Rogers, las actitudes fenomenológicas y existenciales, los conceptos sociológicos del hombre (Sorokin), y otros (217).

La teoría de los sistemas en psicología, psicopatología y psiquiatría no fueron entonces un emocionante desenlace de nuevos descubrimientos, porque la orientación ya venía preparándose desde antes o en forma paralela. Con todo, el concepto des sistema representa un viraje en redondo con respecto a las teorías del robot, conducente a una imagen del hombre más realista y, de paso, más digna (230). Su influencia también abarcó la práctica psiquiátrica, y von Bertalanffy cita al respecto una discusión seria de la TGS, a la cual la American Psychiatric Association dedicó dos sesiones durante el año 1966, decidiéndose entonces incorporarla en las reuniones regulares de psiquiatras para desarrollar esta teoría unificada del comportamiento humano fundada en la idea de sistema, y a la que por entonces se calificó como la 'tercera revolución psicológica', después del conductismo y el psicoanálisis (5).

FOR AUTHOR USE ONLY

5. La noción de sistema en psicología, psicopatología y psiquiatría.- Considerar la personalidad como un sistema implica un estudio del comportamiento fundado en los siguientes criterios (algunos de los cuales corresponden a importantes propiedades formales de los sistemas en general):

a) El criterio de totalidad.- El concepto 'molar' de organismo psicofísico como sistema se opone al concepto 'molecular', o sea como agregado de unidades últimas tales como reflejos, sensaciones, pulsiones, respuestas reforzadas, rasgos, factores, etc. En un contexto sistémico, la disfunción mental no significa pérdida de funciones sueltas sino perturbación del sistema en

conjunto. Incluso las lesiones muy localizadas (por ejemplo las corticales), afectan al sistema total de la personalidad, en particular a las funciones superiores (218).

b) El criterio de integración.- Es posible definir limpiamente las perturbaciones mentales en términos de funciones de sistema: la enfermedad mental es a fin de cuentas una perturbación de las funciones de sistema del organismo psicofísico (228). Entonces, ¿cómo definir un sistema no perturbado, es decir, cómo definir la salud mental? Von Bertalanffy ofrece su propio criterio, derivado del enfoque sistémico, cuando indica que la salud mental depende en última instancia de un universo integrado congruente con el marco cultural que le toque vivir a cada persona, de lo cual se desprende que lo que para una cultura puede ser patológico para otra no lo es, según han mostrado los antropólogos culturales. Así, un científico y un esquizofrénico construyen un mundo igualmente fantástico e impresionante, porque la percepción no capta las cosas tal cual son. La diferencia radica en que en la esquizofrenia los elementos subjetivos están 'desbocados y desintegrados', y en el científico las ideas encajan en un sistema integrado (229).

c) El criterio de autonomía.- Aun sin estímulos externos, el organismo psicofísico no es un sistema pasivo sino intrínsecamente activo. El estímulo no 'causa' algún proceso en el sistema, sino que 'modifica' procesos ya existentes en un sistema autónomamente activo que tiende a mantener un desequilibrio permanente llamado estado uniforme. De hecho, la actividad espontánea es la forma más primitiva de comportamiento, e intentar reducir las tensiones desde el modelo del hombre-robot implica el riesgo de provocar desórdenes mentales e impedir al hombre el desarrollo de sus potencialidades. Una personalidad con la espontaneidad perturbada se torna un autómata, un ser pasivo, estado típico de la conducta estereotipada de los catatónicos, por ejemplo (218 a 220). El hecho de que la personalidad sea un sistema activo que busca la integración con su entorno, lleva a considerar a la psicoterapia no como ajuste pasivo, sino como una oportunidad para desarrollar potencialidades creativas, instaurar motivaciones normales que impliquen una actividad autónoma, con integración de la conducta,

FOR AUTHOR USE ONLY

plasticidad y adaptabilidad a situaciones cambiantes, libre curso de la anticipación simbólica, etc. Las ideas de 'actividad espontánea' y 'funciones simbólicas' deben ser la piedra angular para la consideración de la salud y la enfermedad a la luz de la TGS (229).

d) El criterio homeostático.- En general, el modelo de la homeostasis no es aplicable a la personalidad en tanto sistema activo y autónomo. Sí es aplicable en psicopatología porque en general las funciones no homeostáticas decaen en los pacientes mentales, incluso hasta llegar a convertirse en un ente que subviene exclusivamente a sus necesidades fisiológicas (220, 221).

e) El criterio temporal.- En un contexto psicoterapéutico interesará menos escarbar en el pasado, y más ahondar en los conflictos presentes y en procurar la reintegración y la orientación hacia metas y el porvenir (anticipación simbólica). Del mismo modo, si gran parte de la neurosis actual es 'existencial', la psicoterapia procurará el encuentro con un sentido de la vida, tal como por ejemplo lo plantea Frankl con su 'logoterapia'. En suma, una teoría de sistemas de la personalidad proporcionará un buen fundamento para la psicología y la psicopatología (229 a 239).

f) El criterio de diferenciación.- Werner sostuvo acertadamente que las funciones mentales suelen progresar desde un estado indiferenciado, sincrético, donde percepciones, motivaciones, sensaciones, imaginación, símbolos, conceptos, etc., aparecen constituyendo una unidad amorfa, hasta un estado diferenciado donde se distinguen más nítidamente estas funciones. Más específicamente, el lenguaje progresa de un estado 'holofrástico', indiferenciado, hacia una diferenciación de significados en un lenguaje articulado. También, las categorías de yo, objeto, espacio, tiempo, número, causalidad evolucionaron originalmente a partir de un continuo perceptivo-conceptual-motivacional indiferenciado, como señalaron autores como Arieti, Piaget y Werner (221, 222).

En patologías como la esquizofrenia se observa una regresión a los estados indiferenciados, pero no tal como estaban instaurados originalmente, porque los niños y los salvajes, aunque tengan experiencias primitivas, tienen un universo organizado (222, 223).

FOR AUTHOR USE ONLY

La personalidad va diferenciándose en el sentido del trazado de límites. Al principio hay un continuo organismo-mundo indiferenciado, pero poco a poco el yo se va constituyendo por diferenciación del entorno, aunque los límites jamás son rígidos, salvo en los trastornos mentales donde, paradójicamente, los límites entre el yo y el mundo son a la vez demasiado fluidos y demasiado rígidos. El enfermo está escindido, encapsulado, lo que limita sus potencialidades, pero la persona sana está 'abierta al mundo' y, a diferencia del animal, puede conectarse con él más allá del lazo biológico o las limitaciones de los sentidos (225).

g) El criterio de centralización y orden jerárquico.- Tanto en el cerebro como en las funciones mentales, la centralización y el orden jerárquico van alcanzándose por estratificación, es decir, por superposición de 'capas' más altas (orden jerárquico) que adoptan el papel de partes conductoras de las anteriores (centralización). La estratificación es indispensable para comprender las perturbaciones psiquiátricas: la regresión de los psicóticos no sólo es desdiferenciación, como se indicó en el parágrafo anterior, sino también descentralización y relajamiento de la organización mental jerárquica (223).

h) El criterio del simbolismo.- Lo propio del hombre es la actividad simbólica, y probablemente todas las nociones para caracterizar la conducta humana sean consecuencias o diferentes aspectos de aquella actividad, tales como la cultura, la percepción creadora, la unidad yo-mundo, etc. Por ello, en los trastornos mentales están por regla general comprometidas las funciones simbólicas. Así, en la esquizofrenia podemos ver dificultades asociativas, desplome de los límites del yo, perturbaciones del habla y el pensamiento, etc. Como las funciones simbólicas son ingredientes básicos de la enfermedad mental, esta resulta un fenómeno específicamente humano.

En lo concerniente al simbolismo en el contexto de la persona normal, von Bertalanffy indica que el afán humano es más que la autorrealización, pues se dirige a metas y realización de valores, que no son otra cosa que entidades simbólicas destinadas a quedar desprendidas de sus creadores (227, 228).

FOR AUTHOR USE ONLY

6. Síntesis del aporte sistémico.- Entre las consecuencias generadas a partir de una consideración sistémica en el ámbito de la psicología, pueden citarse las siguientes (230 a 232). a) Ofrece un armazón teórico psicofísicamente neutral, en el sentido de que se opone a reducir lo fisiológico a lo psicológico o viceversa, proponiendo en cambio la idea de sistema como concepto igualmente aplicable a ambos campos, sin reducir uno al otro. b) Ofrece un 'lenguaje común' para la comprensión de aspectos muy diversos entre sí como conciencia e inconciente, cuerpo y mente, exterior y yo interior, etc., renunciando por tanto a escindir estas áreas de lo real en compartimientos aislados, al modo dualista cartesiano. Aquel 'lenguaje común', proporcionado por la TGS, algún día podrá desembocar en alguna teoría unificada que pueda explicar al mismo tiempo todos los aspectos mencionados. c) Ofrece un nuevo sentido al libre albedrío y al determinismo, al proponer que este último no limita la libertad humana, sino que funciona como marco de referencia para organizar causalmente un universo simbólico. d) Ofrece también un nuevo sentido de la responsabilidad: el hombre no es ni un ser totalmente irresponsable a merced de sus pulsiones e impulsos, ni totalmente responsable según una norma universal, que por otra parte no existe. La responsabilidad se juzga siempre dentro de un marco simbólico de valores, de los que acepta una sociedad en una circunstancia dada.

FOR AUTHOR USE ONLY

REDUCCIONISMO

Punto de vista según el cual todos los fenómenos, tanto biológicos, del comportamiento como los sociales pueden ser 'reducidos', es decir, explicados a partir de las leyes y teorías de la física (49). Al referirse al reduccionismo, entonces, von Bertalanffy habla específicamente de un fisicalismo, postura que considerará insostenible, y que debe ser reemplazada por otra llamada 'perspectivismo'.

Si bien existen otros tipos de reduccionismos, incluso mencionados por von Bertalanffy tales como el vitalismo y el biologismo, el autor tiende a definir reduccionismo en términos de fisicalismo, es decir, la pretensión de explicar toda la realidad desde procesos puramente físicos, o bien de reducir toda ciencia posible a la ciencia física (49, 95, 204, 259). Por ejemplo, se ha hablado de una 'física social', que intentaría explicar las ciencias sociales a partir de leyes físicas (204). En otra parte (90), von Bertalanffy reserva el término fisicalismo sólo para la reducción de la biología a la física, y en tal sentido lo distingue del biologismo (ver más adelante en este mismo artículo).

Como indicó Aldous Huxley, el mundo es un helado napolitano cuyos niveles -físico, biológico, social, moral- corresponden a las capas de chocolate, fresa y frutilla, y la ridícula pretensión reduccionista es precisamente reducir la fresa al chocolate (49).

Las tesis fisicalista y reduccionista se volvieron problemáticas y hasta se manifestaron como prejuicios metafísicos. Las entidades de que trata la física (átomos, partículas subatómicas, etc.) resultaron ser mucho más ambiguas de lo supuesto: no son metafísicas piedras de construcción del universo sino modelos conceptuales harto complicados, inventados para explicar ciertos fenómenos observados (95).

Von Bertalanffy propone un punto de vista más modesto, que él denominó 'perspectivismo'. En rigor, cada nivel de la realidad tiene sus propias leyes, distintas a las de la física ordinaria, y lo que propone el perspectivismo es mostrar que la física (y, por extensión, la ciencia que conocemos en nuestra cultura) no es la única forma de conocer la realidad, ya que este conocimiento depende de factores culturales y biológicos (ver *Categoría*). La física en sí no tiene nada de singular ni de particularmente sagrado, y hasta dentro de nuestra propia ciencia son igualmente legítimos otros sistemas simbólicos tales como la taxonomía, la genética o la historia del arte. Incluso otras culturas o aun inteligencias subhumanas pueden tener otro tipo de 'ciencia' que representen otros aspectos de la realidad tan bien o mejor a como lo hace nuestra imagen científica del mundo (259, 260).

FOR AUTHOR USE ONLY

Una idea empleada por von Bertalanffy, el concepto de 'homología' (ver *Homología*), puede hacer pensar en un reduccionismo, pero la homología de características de sistemas no implica reducción de un dominio a otro inferior (88).

Von Bertalanffy incluye incidentalmente otro reduccionismo, el biologista: una vez eliminado el fisicalismo, puede persistir una actitud biologista según la cual, los fenómenos relativos al comportamiento y a la sociedad pueden ser explicados desde las leyes biológicas, considerando por ejemplo a la sociedad humana como una colmena o una granja de cría de equinos (90). El biologismo reduce así la psicología, la sociología, la historia, y, en general, las ciencias sociales, a la biología.

No obstante sus críticas a las actitudes reduccionistas, ciertos comentarios de von Bertalanffy parecen reivindicar tímidamente esta postura, como cuando señala que "también dejamos abierta la cuestión de la 'reducción última' de las leyes de la biología y demás ámbitos no físicos a la física" (89). O también cuando sostiene que las fronteras entre la física y la biología (o entre ésta y la psicología) no son tan claras, habiendo entre ellas una continuidad revelada por los importantes avances en la explicación físico-química de los procesos vitales, y que nos obliga a no insistir demasiado en la irreductibilidad de la biología a la física (96). Tal vez el autor se halle aquí influido además por la idea, sugerida por la observación, de que los procesos físicos y químicos son condiciones necesarias para los procesos biológicos (por ejemplo la conducción nerviosa es posible por la presencia de una diferencia de potencial de membrana), y a su vez estos son condición necesaria de los procesos psíquicos (la memoria tiene un sustrato de ARN), y así sucesivamente con la psicología y la sociología. Desde ya, esto no significa que se puedan explicar fenómenos de una ciencia con los conceptos de otra ciencia: los potenciales de acción no son aplicables a fenómenos mentales, ni mucho menos aún las nociones psicológicas a los fenómenos físicos (230).

FOR AUTHOR USE ONLY

REGULACIÓN

En general, conjunto de procesos que permiten corregir o compensar perturbaciones arbitrarias, orientando a un sistema hacia un estado de equilibrio o hacia un estado uniforme. El concepto es aplicado por von Bertalanffy especialmente a los sistemas vivos, de los cuales entonces se dice que exhiben autorregulación. En tales sistemas, en una primera etapa se establecen regulaciones primarias, que luego progresivamente van siendo reemplazadas por regulaciones secundarias según y conforme el principio de mecanización progresiva (44, 71, 138, 170).

1. Introducción.- Si bien las máquinas creadas por el hombre exhiben cierto tipo de autorregulación, como los proyectiles autodirigidos (167) o la máquina de Turing (146), en lo que sigue se hará referencia exclusivamente a las llamadas regulaciones orgánicas u organísmicas, es decir, las que intervienen en los procesos vitales.

CO-AUTHOR USE ONLY

Para el vitalismo, las regulaciones orgánicas quedaban explicadas por la intervención de agentes suprafísicos, como por ejemplo las entelequias, que misteriosamente eran capaces de controlar y reparar la maquinaria orgánica (146). Con el advenimiento de la TGS, estas regulaciones orgánicas pudieron ser tratadas en un contexto más científico y menos especulativo, que se explican en forma sucinta a propósito de la distinción entre regulaciones primarias y secundarias.

2. Tipos de regulación.- Las regulaciones primarias son regulaciones de naturaleza 'dinámica' resultantes del libre juego de fuerzas y de la interacción mutua entre componentes, tendiente hacia el equilibrio o estados uniformes (169, 266). Son las más primitivas, y el ejemplo es la equifinalidad.

Las regulaciones secundarias son regulaciones basadas en disposiciones preestablecidas o 'estructurales', es decir, fundadas en mecanismos ya estructurados donde se recorren caminos fijos

encadenados causalmente (138, 170). Con el tiempo van superponiéndose a las regulaciones primarias, y el ejemplo es la directividad estructural (ver *Finalidad*) o la retroalimentación.

Tipos de regulación

Regulaciones primarias	Regulaciones secundarias
Más primitivas	Más posteriores
Mecanismo: equifinalidad	Mecanismo: directividad estructural (equifinalidad)
Se deben al libre juego de fuerzas dentro de un sistema dinámico (266)	Son el resultado de constreñimientos impuestos por mecanismos estructurales de retroalimentación (266)
Ejemplo: desarrollo embrionario (170)	Ejemplo: control neurohormonal (170)

FOR AUTHOR USE ONLY

Los sistemas vivos, tanto en su evolución filogenética como ontogenética atraviesan, en lo concerniente a procesos de regulación, por dos etapas, siendo el pasaje de una a otra progresivo y paulatino: una primera etapa donde predominan las regulaciones primarias (por ejemplo en el embrión), y una segunda etapa donde aquellas van siendo reemplazadas por las regulaciones secundarias (por ejemplo en el organismo adulto).

Se trata de un proceso de mecanización progresiva (ver *Mecanización*) que, en términos de regulaciones, puede ser entendido del siguiente modo. Si se introduce alguna perturbación en un huevo de erizo de mar, como por ejemplo cortarlo en dos mitades, tal perturbación es corregida o compensada por las regulaciones primarias, de forma tal que el organismo pueda evolucionar hacia la forma de erizo de mar normal. Esto habla de una gran plasticidad, de un libre juego de fuerzas donde las mutuas interacciones permiten que, aun partiendo de condiciones iniciales modificadas, el sistema evolucione hacia el mismo fin (equifinalidad).

Sin embargo, a medida que el huevo se desarrolla, comienzan a diferenciarse más sus células, es decir, empiezan a estar cada vez

más constreñidas a cumplir determinada función. Consecuentemente el organismo se torna cada vez más 'mecanizado' (156): mecanización creciente significa determinación creciente de elementos por funciones sólo dependientes de ellos mismos, con la consiguiente pérdida de regulabilidad sustentada en el sistema de conjunto (71, 138), vale decir, con una progresiva pérdida de las regulaciones primarias. A pesar de ello estas nunca desaparecen totalmente, es decir, la mecanización debida a regulaciones secundarias nunca es completa (71).

Para decirlo de otra manera: al principio los sistemas, sean biológicos, neurológicos, psicológicos o sociales, están gobernados por interacción dinámica entre sus componentes; más tarde se establecen disposiciones fijas y condiciones de restricción [derivadas de la especialización de sus componentes] que hacen más eficientes al sistema pero que, al mismo tiempo, disminuyen gradualmente su equipotencialidad hasta acabar por abolirla (44, 45). Podría también decirse: al principio todos los elementos están relacionados con todos los demás (interacción dinámica), pero conforme avanza la diferenciación y la especialización, ciertos elementos quedarán más relacionados con ciertos otros, formando entre sí cadenas causales circulares (retroalimentación) relativamente aisladas del resto. Si hipotéticamente el proceso siguiese mecanizándose más, las cadenas circulares pasarían a ser cadenas causales totalmente independientes unas de otras, y el organismo perdería organización y se disgregaría. Evidentemente esto sucede, pero ya no puede decirse que haya propiamente vida, y en este caso tampoco se hablará de ningún tipo de regulación orgánica.

De lo dicho puede concluirse que toda regulación orgánica es ante todo una autorregulación: el organismo tiene la propiedad de regularse a sí mismo, tanto en cuanto a regulaciones primarias como a regulaciones secundarias. De aquí que conceptos íntimamente relacionados con la autorregulación sean los de autoorganización, autorrestauración, automantenimiento, autoorientación o autodirección (ver *Auto-*). El ser viviente puede

FOR AUTHOR USE ONLY

autoorganizarse, automantenerse, etc., gracias, precisamente, a sus mecanismos de autorregulación.

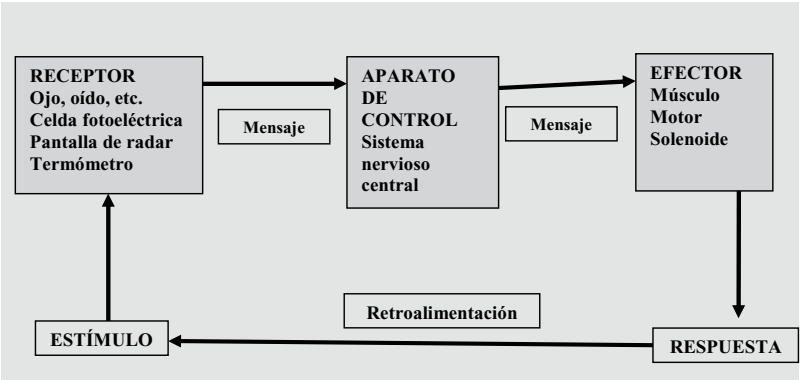
RETROALIMENTACIÓN

La regulación por retroalimentación es un proceso circular en el cual parte de la salida es remitida de nuevo a la entrada como información sobre el resultado preliminar de la respuesta, haciendo así que el sistema se autorregule, sea en el sentido de mantener determinadas variables (por ejemplo en la termorregulación), sea en el sentido de dirigirse hacia una meta deseada (por ejemplo en los proyectiles autodirigidos) (167).

1. Caracterización.- La retroalimentación (feed-back) es el mantenimiento homeostático de un estado característico o bien la búsqueda de una meta, basado en cadenas causales circulares y en mecanismos que devuelven información acerca de desviaciones con respecto al estado por mantener o la meta por alcanzar (46). Retroalimentación, servomecanismos, sistemas circulares y procesos circulares pueden tomarse como expresiones distintas pero en gran medida equivalentes de la misma concepción (15).
El esquema básico de retroalimentación aparece representado en el esquema adjunto, en el cual figuran ejemplos biológicos y tecnológicos. El sistema comprende, primero, un receptor u 'órgano sensorio' que incorpora la información. Luego, un centro de control que recombina los mensajes que llegan y los transmite al efector. Por último, el funcionamiento del efector está empalmado al receptor, lo cual hace que el sistema se autorregule, o sea que garantiza la estabilización o la dirección de la acción (43).

FOR AUTHOR USE ONLY

Esquema sencillo de retroalimentación



2. Ejemplos.- Este tipo de regulación existe tanto en los organismos vivos como en las máquinas creadas por el hombre, y, en ambos casos, existen las dos modalidades de la retroalimentación: como mantenimiento de variables en un valor fijo, y como búsqueda de metas (ver cuadro adjunto). A continuación se explica brevemente un ejemplo de cada una de las cuatro posibilidades.

a) Termorregulación: el enfriamiento de la sangre estimula ciertos centros cerebrales que 'echan a andar' los mecanismos productores de calor del cuerpo, y la temperatura de éste es registrada a su vez por aquellos centros, de manera que es mantenida a nivel constante (43, 44).

b) Control propioceptivo del movimiento voluntario: si se quiere alcanzar un lápiz, se envía al sistema nervioso central un informe acerca de la distancia que impidió llegar al lápiz en el primer intento; esta información es retroalimentada al sistema nervioso central para que el movimiento sea controlado, hasta que se logre la meta (44).

c) Termostato (167): Dispositivo que regula la temperatura. Cuando hace mucho calor, el termostato lo baja, y cuando el calor desciende, el termostato lo sube automáticamente. Se usa en muchos sistemas, como por ejemplo el motor de un automóvil, el que para funcionar óptimamente debe mantenerse a una temperatura constante.

FOR AUTHOR USE ONLY

d) Proyectiles autodirigidos (43): proyectiles que automáticamente corrigen su propio rumbo en función de la posición cambiante del blanco: apuntan a un blanco, se dirigen hacia él, advierten que el blanco cambia y vuelven a cambiar su dirección en el rumbo correcto.

Ejemplos de retroalimentación

	Mantenimiento de variables	**Búsqueda de metas**
En seres vivos	Termorregulación (43, 167) Conservación de la glucemia (168) Conservación del PH (80) Control neurohormonal (170) HOMEOSTASIS	Control propioceptivo de movimientos voluntarios (167), etc.
En máquinas	Termostato (167) Homeostato de Ashby (46)	Proyectiles autodirigidos (167) Sistema de control en cañones antiaéreos (43) Pilotaje de buques (43) Servomecanismos (43)

FOR AUTHOR USE ONLY

Como puede apreciarse, los mecanismos de retroalimentación se encuentran tanto en los seres vivos como en las máquinas fabricadas por el hombre.

El mismo cuadro también indica que estos mecanismos pueden funcionar para volver a un estado anterior de equilibrio (mantenimiento de variables) o para alcanzar cierta meta. Seguidamente se exponen ejemplos para cada una de estas cuatro posibilidades en una forma más detallada.

a) Feedback para mantener variables en seres vivos.- Un ejemplo de este tipo de retroalimentación o feedback es el mantenimiento de

la variable glucemia (nivel de azúcar en la sangre), en los seres vivos.

Desde ya hay muchos otros ejemplos. Así, el organismo no sólo necesita regular la cantidad de azúcar en la sangre sino también regular el grado de acidez o alcalinidad de la sangre, es decir, el pH (potencial hidrogenión). Si la sangre se torna muy ácida por algún alimento o remedio que hemos ingerido, un mecanismo de retroalimentación se pone en marcha para reducir este nivel de acidez hasta los niveles normales (pH = 7,3).

Estos mecanismos son automáticos, es decir, están fuera del control voluntario del sujeto, y en ello radica su efectividad. Si regular el azúcar o el pH dependiera de la voluntad, el organismo sucumbiría mientras delibera acerca de la conveniencia o no o del deseo o no de restablecer los niveles normales de la variable.

En la década de 30 el fisiólogo Cannon estudió especialmente estos mecanismos automáticos para restablecer variables, designándolos genéricamente mecanismos homeostáticos (que significa "igual estado", es decir, son mecanismos que procuran siempre mantener en el mismo estado las variables como glucemia, pH, etc.).

FOR AUTHOR USE ONLY

Pero la homeostasis es apenas un caso particular de retroalimentación, ya que también hay mecanismos de regulación en máquinas, y mecanismos de regulación que no apuntan a mantener constantes ciertas variables sino que apuntan a lograr metas que no suponen, como la homeostasis, retornar a un equilibrio anterior sino buscar un nuevo equilibrio.

b) Feedback para mantener variables en máquinas.- Así como había sistemas de feedback para mantener constantes variables fisiológicas como la cantidad de azúcar en sangre, así también el hombre ha creado dispositivos que se basan en el mismo principio. Tal vez el más conocido y fácil de entender es el dispositivo llamado termostato, existente en artefactos como estufas, acondicionadores de aire o motores a explosión, es decir, en artefactos donde se hace necesario bajar la temperatura cuando está muy alta o subirla cuando está muy baja, y todo ello en forma automática.

Ciertas estufas, en efecto, vienen con un termostato (termo=calor, stato=constante), mediante el cual se procura mantener constante

la temperatura ambiental. Si la estufa empieza a dar mucho calor, el termostato se activa automáticamente para apagar la estufa. Con la estufa apagada, empieza a hacer frío, lo cual es un nuevo estímulo para que el termostato vuelva a encender la estufa, y así sucesivamente. Nótese que el feedback es siempre un mecanismo automático, es decir, opera sin la intervención del hombre, lo cual es realmente ventajoso porque evita tener que estar pendientes del funcionamiento de la estufa a cada rato para mantener constante la temperatura.

c) Feedback para alcanzar metas en seres vivos.- Una cosa es el feedback para mantener constantes ciertas variables, y otra es el feedback para alcanzar ciertas metas. Obviamente, el mantener constantes ciertas variables es una meta, pero en cuando von Bertalanffy utiliza la expresión "alcanzar ciertas metas" no se está refiriendo a mantener constantes variables, sino a alcanzar un nuevo estado de equilibrio, diferente del original.

Por ejemplo, cuando el feedback busca mantener constantes ciertas variables siempre busca retornar a un equilibrio anterior: si hace calor, volver al frío, si hace frío, volver al calor, si hay mayor -o menor- azúcar en sangre, volver a los niveles originales de glucemia, etc.

FOR AUTHOR USE ONLY

En cambio, en el feedback orientado a metas no se busca volver a un estado anterior, sino a un nuevo estado, y un ejemplo lo tenemos en el control propioceptivo de los músculos voluntarios (que es a su vez un caso especial de feedback para alcanzar metas en seres vivos).

Si se quiere alcanzar un lápiz con la mano, los receptores visuales o la memoria acerca de donde estaba el lápiz, envían al sistema nervioso central información acerca de la distancia al lápiz y que impidió agarrarlo en un primer intento; esta información es a su vez enviada a los músculos para que hagan el correspondiente movimiento de acercamiento al lápiz, y así sucesivamente. Mientras el estado inicial era una posición de la mano alejada del lápiz, el estado final es diferente a este estado inicial: es la mano en posición de haber agarrado el lápiz, momento en el cual se habrá alcanzado una meta.

Todo este proceso de sucesivas correcciones de la mano para finalmente tomar el lápiz está retroalimentado: cada nuevo estímulo corrige la posición de la mano, y así sucesivamente. Desde un punto de vista subjetivo es un proceso voluntario o que puede ser voluntario, mientras que desde el punto de vista de un observador externo, es un proceso automático realizado por una máquina llamada 'hombre'.

d) Feedback para alcanzar metas en máquinas.- El mismo principio anterior fue aplicado a máquinas creadas por el hombre. El sistema de autodirección de proyectiles, misiles, etc., también cuentan con un sistema de feedback que permite ir corrigiendo automáticamente el rumbo del proyectil en función de la ubicación del blanco.

3. Regulación, retroalimentación y homeostasis.- Estos términos no son exactamente sinónimos. Dentro de los mecanismos de regulación, y más específicamente dentro de los sistemas autorregulados, existen los mecanismos de retroalimentación como un caso especial. A su vez, dentro de estos últimos se incluyen los mecanismos homeostáticos.

CO-AUTHOR (S) ONLY

Los organismos vivos presentan regulaciones primarias y secundarias (ver *Regulación*). Mientras las regulaciones primarias se fundan en el modelo de la equifinalidad (81), el modelo de la retroalimentación es eminentemente aplicable a regulaciones secundarias, es decir a regulaciones basadas en disposiciones estructurales en el sentido amplio de la palabra, en mecanismos preestablecidos y caminos fijos, y su carácter mecanicista lo hace especialmente aplicable a órganos o sistemas de órganos (156, 170). El modelo de la retroalimentación no debe entonces considerarse una panacea para la regulación fisiológica en general, y menos aún identificarse con la teoría de los sistemas (193).

Como se aprecia en el esquema de ejemplos de retroalimentación, el término homeostasis se suele aplicar específicamente a mecanismos de mantenimiento de variables en los sistemas vivos. De hecho, el principio homeostático fue formulado originalmente en ese sentido por Cannon (167), más allá de que autores como Ashby hayan construido una máquina que imita el modelo

homeostático, llamada homeostato (46). En la base del mecanismo de homeostasis, en fin, se encontrará entonces un modelo de retroalimentación (80, 81).

4. Criterios de retroalimentación.- Afinando aún más las distinciones anteriores, pueden establecerse los tres criterios esenciales que definen los sistemas de control por retroalimentación (169):

a) Están vinculados a las regulaciones secundarias, es decir, son sistemas que tienen el carácter de mecanismos con caminos preestablecidos, en contraste con las regulaciones dinámicas resultantes del libre juego de fuerzas y la interacción mutua típicas de los sistemas abiertos.

b) Las líneas causales dentro del sistema de retroalimentación son lineales y unidireccionales. El esquema básico de la retroalimentación sigue siendo el esquema E-R (estímulo-respuesta), sólo que el bucle de retroalimentación hace que la causalidad se convierta en circular.

c) Los fenómenos típicos de retroalimentación u homeostáticos son 'abiertos' con respecto a la información entrante, pero 'cerrados' por lo que atañe a la materia y la energía.

FOR AUTHOR USE ONLY

SEGREGACIÓN

Propiedad formal de los sistemas según la cual las interacciones entre sus elementos van disminuyendo con el tiempo. Tal característica parece desacostumbrada en los sistemas físicos, pero es común y fundamental en sistemas biológicos, psicológicos y sociológicos (70).

Segregación significa separación. La segregación progresiva implica pasar de un estado inicial de totalidad, a otro estado de independencia entre los elementos. El estado primario es el de un sistema unitario, que se va escindiendo gradualmente en cadenas causales independientes (70). Esto significa que los elementos van

circunscribiendo cada vez más su radio de interacción, de forma tal que terminan 'agrupados' en conjuntos relativamente aislados entre sí y en los cuales se relacionan mucho más entre ellos que con respecto a otros elementos de otros conjuntos.

Mientras los sistemas físicos tales como átomos, moléculas o cristales resultan de la 'unión' de elementos preexistentes, en contraste los sistemas biológicos se constituyen por 'diferenciación' de un todo original que se segrega en partes. Por ejemplo, en el desarrollo embrionario el germen pasa de un estado de equipotencialidad, a otro donde se comporta como un conjunto de regiones que se desarrollan independientemente originando órganos definidos (70, 71).

El término 'equipotencialidad' empleado por von Bertalanffy alude al hecho de que al comienzo del desarrollo embrionario todas las células son equipotenciales, vale decir, tienen el mismo potencial para generar estructuras de forma tal que, en caso de destrucción experimental de algunas de ellas, pueden ser fácilmente reemplazada por las otras. Si cortamos por la mitad el huevo cigota del erizo de mar, de cada mitad podrá desarrollarse un organismo entero.

FOR AUTHOR USE ONLY

Y así, mientras más partes se especializan de determinado modo, más irreemplazables resultan, y la pérdida de partes puede llevar a la desintegración del sistema total. En lenguaje aristotélico, toda evolución, al desplegar alguna potencialidad, aniquila en capullo muchas otras posibilidades. El progreso sólo es posible por subdivisión de una acción inicialmente unitaria en acciones de partes especializadas, y desde ya que esto implica un empobrecimiento, es decir, una pérdida de posibilidades que aún subsistían en el estado inicial indeterminado (72).

La segregación progresiva se ve también en el desarrollo filogenético, en la especialización de la ciencia, en la vida cotidiana, y también en el comportamiento, donde se ve una transición gradual de la conducta de conjunto hacia la conducta sumativa (72, 73).

La razón del predominio de la segregación en la naturaleza viviente parece ser que la segregación en sistemas parciales subordinados

implica un aumento de complejidad en el sistema. Semejante tránsito hacia un orden superior presupone suministro de energía, y esto a su vez la condición que el sistema sea abierto, es decir, que pueda tomar energía del medio circundante (71).

SIMBOLISMO

La actividad simbólica es frecuentemente reconocida como la gran diferencia del hombre con las demás especies (226), y la cultura, como sistema de símbolos o universo simbólico se encuentra estrechamente ligada a la evolución del lenguaje y la formación de conceptos (268).

1. Concepto.- Von Bertalanffy indica que la especificidad de la condición humana no tiene una relación necesaria con la racionalidad, sino con la capacidad exclusiva del hombre de crear símbolos y ser dominado por ellos. Este criterio es reconocido por biólogos, por fisiólogos pavlovianos, por psiquiatras como Appleby, Arieti y Goldstein, y por filósofos como E. Cassirer (226).
Si bien en el mundo animal se observa 'lenguaje' (como por ejemplo el canto de las aves), sólo en el hombre el lenguaje funciona como representación y comunicación de hechos y como sistema de símbolos no heredados sino libremente creados y transmitidos por tradición. En tal sentido, el lenguaje no sólo comprende la palabra hablada sino también la escritura y el lenguaje matemático.

2. Ejemplos.- Sin intentar una definición precisa de actividad simbólica, von Bertalanffy cita un repertorio de nociones que suelen utilizarse para caracterizar la conducta humana y que son consecuencias o aspectos diferentes de aquella actividad. Entre ellas, sobresalen las siguientes: a) cultura y civilización, b) creatividad en contraste con la percepción pasiva, c) objetivación, tanto de la realidad como del sí mismo, d) visión del pasado y del porvenir, e) intencionalidad como planeamiento conciente, f) temor

FOR AUTHOR USE ONLY

a la muerte y suicidio, g) devoción a una causa, h) afán de autotrascendencia, i) códigos morales, superyó, disimulo, mentira, j) la experimentación mental, que se realiza mediante símbolos conceptuales por oposición al ensayo-error físico, tan típico del comportamiento animal, etc.(226, 269).

Todas estas características están sostenidas por los universos simbólicos, y no pueden ser explicadas por simples pulsiones biológicas, instintos psicoanalíticos, reforzamiento de gratificaciones u otros factores biológicos. Mientras los valores biológicos conciernen a la conservación del individuo o la especie, los valores propiamente humanos están vinculados a la actividad simbólica. De hecho, muchas perturbaciones mentales son perturbaciones de las funciones simbólicas, ya que la enfermedad mental es un fenómeno específicamente humano (227).

3. Simbolismo y autonomía.- Von Bertalanffy menciona, finalmente, una característica única y muy importante de la actividad simbólica: su autonomía relativa. El mundo simbólico creado por el hombre es capaz de adquirir vida propia, por así decirlo: se torna más inteligente que su creador.

CO-AUTHOR (S) ONLY

Al respecto, von Bertalanffy cita el ejemplo del sistema simbólico de la matemática, el cual está encarnado en una enorme máquina de pensar que, cuando se le administra un enunciado, produce una solución en base a un proceso fijo de concatenación de símbolos que hubiera sido difícil de prever. En otros términos, una vez introducidas las instrucciones adecuadas, la maquinaria matemática funciona por sí sola, dando resultados inesperados que sobrepasan el volumen inicial de hechos y reglas de donde se partió originalmente. Tal ocurre con cualquier predicción algorítmica (como por ejemplo un razonamiento deductivo) o con cualquier predicción sobre los hechos del mundo, como el de un nuevo elemento químico o el de un nuevo planeta, cuyas existencias pueden ser predichas sobre la base de una fórmula matemática. Esta sustitución de la experiencia directa por un sistema algorítmico que marcha solo, está estrechamente relacionada con la progresiva

desantropomorfización de la ciencia (257, 269), cuestión esta última desarrollada con mayor detalle en el artículo *Categoría*.

SISTEMA

Un sistema es un complejo de elementos en interacción. 'Interacción' significa que un elemento cualquiera se comportará de manera diferente si se relaciona con otro elemento distinto dentro del mismo sistema. Si los comportamientos en ambas relaciones no difieren, no hay interacción, y por tanto tampoco hay sistema (56). Los sistemas pueden clasificarse de varias maneras diferentes, siendo la más importante aquella que los tipifica como sistemas cerrados y sistemas abiertos.

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Definición.- Von Bertalanffy define sistema como un complejo o un conjunto de elementos interactuantes, definición que reitera permanentemente a lo largo de su obra. Así entendida, esta importante noción puede parecer un concepto pálido, abstracto, vacío (196), o bien una noción tan general y vaga que no hubiera gran cosa que aprender de ella (38). Sin embargo, encierra un sentido oculto con explosivas potencialidades, según la misma expresión de von Bertalanffy.

Ejemplos de sistemas son por ejemplo un ser vivo, una célula, un planeta, una reacción química, la personalidad, etc., pero el prototipo de su descripción (18) es un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas. Este modelo matemático tiene la desventaja de que prescinde de condiciones espaciales y temporales, tal como las tienen los sistemas dados como ejemplos (para ello habría que modificar el sistema matemático propuesto transformándolo en ciertas ecuaciones íntegrodiferenciales). La gran ventaja es, sin embargo, que el análisis del sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas permite discutir y aclarar varias de las propiedades generales de sistemas (56, 57) como por ejemplo el crecimiento, la competencia (o lucha entre las partes),

totalidad, sumatividad física, sumatividad matemática, segregación progresiva, centralización y mecanización progresiva, orden jerárquico, finalidad.

Estas características -o al menos algunas de ellas- se llaman también principios, ya que rigen el funcionamiento de todo sistema y pueden ser detectados no sólo en el modelo matemático que sirvió a von Bertalanffy para describir un sistema, sino también (89) en diferentes campos de la ciencia natural, la psicología y la sociología.

Por consiguiente, un sistema es un modelo de carácter general, y alude a características muy genéricas compartidas por gran número de entidades que acostumbraban a ser tratadas por diferentes disciplinas (262). Todas esas características pueden formalizarse en un sistema matemático: a fin de cuentas, como dice von Bertalanffy, la TGS es una 'ciencia lógico-matemática de la totalidad', y su desarrollo rigurosamente 'técnico' y matemático, aunque no sean desdeñables las descripciones y los modelos 'verbales'. De hecho hay que 'ver' intuitivamente, hay que reconocer los problemas antes de intentar formalizarlos matemáticamente. De otra manera el formalismo matemático quizá llegue a impedir la exploración de problemas muy 'reales' (267).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Descripción interna y externa.- En el contexto de la llamada teoría dinámica de los sistemas (que se ocupa de los cambios en los sistemas con el tiempo), hay dos modos principales de descripción: la descripción interna y la descripción externa.

La descripción interna investiga las relaciones entre los mismos elementos del sistema, y ha sido el objeto de estudio de la teoría 'clásica' de los sistemas. Define un sistema a partir de un conjunto de variables de estado, y su cambio a partir de cómo estas variables, al interactuar entre sí, van determinando la evolución temporal del sistema (264).

La descripción externa investiga las relaciones del sistema considerado globalmente, con el medio circundante, y por lo tanto el sistema es concebido como una 'caja negra' (no se atienden a

las relaciones entre sus elementos, indagadas por la descripción interna), y descrito en términos de entradas y salidas (266).

En suma: la descripción interna es esencialmente 'estructural': procura describir el comportamiento del sistema en términos de variables de estado y de su interdependencia. La descripción externa es 'funcional', describe el comportamiento del sistema por su interacción con el medio (267). Por ejemplo, una célula es un sistema. Como tal está compuesta por diversos elementos, como pueden ser el núcleo, el retículo endoplásmico, las mitocondrias, el aparato de Golgi, los nutrientes, etc. Entre ellos se establecen relaciones estructurales, atendidas por la descripción interna de la célula. Sin embargo, la célula como totalidad está también relacionada con otras células, con el tejido, con el órgano y con el aparato donde la célula está localizada, llamadas relaciones funcionales.

Estructura y función no son independientes: en la medida que el sistema se vincula con el medio, sus relaciones internas cambian, y en la medida que estas cambian, ello repercute en su relación con el medio. Esta interdependencia aparece patentizada especialmente en los sistemas abiertos. Piaget, por ejemplo, han insistido en la interdependencia entre organización y adaptación. En la teoría piagetiana de la inteligencia, la 'organización' aparece en la descripción interna o estructural según terminología de la TGS, y la 'adaptación' en la descripción externa o funcional, según terminología de la misma teoría de von Bertalanffy.

Pueden hacerse aquí algunas reflexiones sobre los cambios en los sistemas en general. Los cambios requieren energía, que el sistema recibe desde el exterior. Parece haber un requerimiento importante de energía cuando el cambio ‘comienza’. Por ejemplo, las personas dan muchas vueltas para comenzar algo necesitando un precalentamiento. Que los cambios requieran energía podría explicar los retardos en los cambios (los viajes en avión son muy rápidos, pero lentos en la llegada y en la salida). La lentitud al comenzar puede obedecer a que el sistema está incorporando energía lentamente para cambiar, y la lentitud al terminar a lo mismo, pues va hacia otro cambio.

FOR AUTHOR USE ONLY

3. Límites.- Si de describir externamente un sistema se trata, ¿dónde empieza y dónde termina un sistema? Von Bertalanffy indica que todo sistema como entidad investigable por derecho propio debe tener límites, espaciales o dinámicos (225). Estrictamente hablando, los límites espaciales sólo se ven en la observación ingenua, ya que en rigor todos los límites son en realidad dinámicos. Es imposible señalar con exactitud los límites de un átomo (con valencias saliéndole, digamos, para atraer a otros átomos), de una piedra (agregado de moléculas y átomos consistente más que nada en espacio vacío, con partículas separadas por distancias enormes), o de un organismo (que continuamente intercambia materia con el medio).

En psicología, los límites del yo son tan fundamentales como precarios, y se van estableciendo con el desarrollo, no quedando nunca fijos por completo. En psicopatología se exhibe la paradoja de que los límites del yo sean a la vez demasiado fluidos y demasiado rígidos. Las alucinaciones, por ejemplo, provocan una inseguridad en los límites del yo.

FOR AUTHOR USE ONLY

4. Clasificación.- Von Bertalanffy propone o sugiere varios criterios para clasificar los sistemas, que se resumen a continuación.

a) Según el sector de la realidad y/o según la ciencia que los estudian, los sistemas pueden ser biológicos, neurológicos, psicológicos, sociales, etc. (44), todos ellos englobables dentro de los llamados sistemas vivos (136). Habría entonces también sistemas no-vivos, como por ejemplo un sistema matemático o un sistema físico-químico, en la medida en que a éste último no lo consideremos en relación con procesos vitales.

b) Según el nivel de observación, los sistemas pueden ser reales y conceptuales (XV, XVI). Sistemas reales son entidades percibidas en la observación o inferidas de ésta, y que existen independientemente del observador. Por ejemplo una galaxia, un perro, una célula o un átomo. Sistemas conceptuales son ante todo construcciones simbólicas, como por ejemplo la lógica, las matemáticas, y hasta la música. Dentro de los sistemas

conceptuales hay una subclase especialmente importante, que son los sistemas abstraídos, es decir, sistemas conceptuales correspondientes a la realidad y estudiados por las diferentes ciencias, naturales o sociales.

La distinción entre sistemas reales y conceptuales no es tan nítida como pudiera creerse, y no son problemas sencillos de resolver. Un ecosistema o un sistema social es bien 'real', según se aprecia en carne propia cuando por ejemplo el ecosistema es perturbado por la contaminación, pero al mismo tiempo puede ser concebido como un sistema conceptual por cuanto los datos no son simples impresiones sensoriales sino que están organizados o construidos mentalmente sobre la base de determinantes lingüísticos, culturales, gestálticos, etc. (ver *Categoría*).

c) Según su apertura al medio, los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, siendo esta la clasificación que más desarrolla y detalla von Bertalanffy. Un sistema abierto es definido (146) como un sistema que intercambia materia (y consiguientemente energía) con el medio circundante, que exhibe importación y exportación, formación y degradación de sus componentes materiales. El sistema cerrado se considera aislado del exterior, no intercambiando materia con él. Un sistema puede recibir desde afuera información, como el caso de los sistemas retroalimentados, sin que ello implique recibir materia. Un tal sistema (100, 169) sería abierto desde el punto de vista de la información, pero cerrado desde el punto de vista material, energético o entrópico, siendo éste último enfoque el que tomará von Bertalanffy para definir sistema cerrado o abierto. A partir de estas definiciones se desarrollan toda una serie de características diferentes en cada tipo de sistema. Dada la amplitud con que este tema es tratado, se remite al lector a los correspondientes artículos del presente volumen (ver *Sistema abierto*, *Sistema cerrado*).

d) Según el modo de concebirlo según una u otra teoría, los sistemas pueden ser pasivos o activos, calificaciones estas que se aplican especialmente en psicología. Así, las teorías del hombre-robot conciben el psiquismo como una entidad pasiva, que busca reducir tensiones y evitar la estimulación desequilibrante, mientras

FOR AUTHOR USE ONLY

que las nuevas orientaciones conciben a la personalidad (202, 217) más como un sistema esencialmente activo (ver *Personalidad*).

5. Propiedades formales.- Más allá de las propiedades típicas de cada tipo de sistema von Bertalanffy, al comienzo de su desarrollo de la TGS ha establecido ciertas propiedades formales de todo sistema, y que también ha designado como ‘principios generales' o 'principios de Bertalanffy' (99). Sin la pretensión de ser exhaustivo al respecto, este autor ha ilustrado estos principios a partir de otras tantas propiedades de las ecuaciones diferenciales simultáneas (57), que en sí mismas ya son sistemas matemáticos. La denominación 'formales' apunta mostrar que tales principios son a priori, es decir, independientes de su interpretación física, química, biológica, sociológica, etc. (65). No obstante resultan ser intuitivamente accesibles, sin aspirar al rigor y la generalidad matemática (55). Von Bertalanffy subrayará, unos veinte años después de haber formulado estos principios, que un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas no es en modo alguno la formulación más general, y que la ha escogido sólo con propósitos ilustrativos (100). Con los ulteriores progresos en la TGS y con la distinción más detallada entre sistemas abiertos y cerrados, algunas de las llamadas propiedades formales de los sistemas se han revelado ora como predominantes, ora como exclusivas de cierto tipo de sistema (no de 'todos' los sistemas).

FOR AUTHOR USE ONLY

Prescindiendo entonces de los tecnicismos matemáticos, se definirán cada una de las propiedades formales de los sistemas tal como fueron formuladas originalmente, del siguiente modo:

a) Crecimiento.- Propiedad según la cual los sistemas tienden a aumentar o a disminuir su cantidad de elementos, es decir, que el crecimiento podrá ser positivo o negativo. Tal incremento o decremento no ocurre al azar sino de acuerdo a ciertas leyes, como por ejemplo la ley exponencial o la ley logística, y son aplicables a un gran número de sistemas: el crecimiento individual de ciertas bacterias y animales, la variación cuantitativa de poblaciones, el aumento del conocimiento científico a partir del número de

publicaciones, las reacciones autocatalíticas donde el producto formado acelera su propia producción, etc. (62 a 65).

b) Competencia.- La competencia puede ser descrita, cuando no hay interacción entre partes, mediante ecuaciones alométricas. Interesa sin embargo aquí especialmente el caso donde los elementos interactúan entre sí compitiendo, como por ejemplo la competencia entre especies animales, o entre el depredador y la presa, etc. Tal competencia hace que las poblaciones aumenten y decrezcan de acuerdo a ciertas leyes, tendiendo a estabilizarse alrededor de un valor medio (65 a 68).

c) Totalidad.- Propiedad según la cual el sistema se conduce como un todo, es decir que los cambios en cada elemento dependen de todos los demás. Así, un elemento A cambia por influencia de los otros elementos, y a su vez provoca un cambio en todos los demás elementos y en el sistema total (68).

d) Sumatividad.- En oposición a la propiedad anterior, la sumatividad indica que los elementos no se influyen mutuamente, siendo independientes entre sí. En otras palabras, la variación del complejo total es la suma de las variaciones en sus elementos, o también, el todo equivale a la suma de las partes, a diferencia de la propiedad de la totalidad, donde debido a la interacción entre las partes, el todo resulta ser diferente a su mera suma.

FOR AUTHOR USE ONLY

Según se aplique a sistemas físicos o matemáticos, se tendrá una sumatividad física o una matemática. El primer caso resulta especialmente importante para la TGS. En la realidad hay sistemas que tiene la propiedad de la sumatividad, como puede serlo un montón de ladrillos, pero en muchos otros casos no ocurre lo mismo, como en las gestalten. No está de más subrayar también el carácter no sumativo de los sistemas biológicos, por ejemplo. Sin embargo, el principio de sumatividad es aplicable al organismo vivo pero hasta cierto punto, es decir, a ciertos sub-sistemas del mismo altamente mecanizados, como la palpitación del corazón, casi enteramente igual tanto si se lo estudia en el organismo como aislado de él (68 a 70).

e) Segregación progresiva y mecanización progresiva.- Propiedad de los sistemas según la cual las interacciones entre sus elementos

disminuyen con el tiempo. Caso desacostumbrado en los sistemas físicos, es común y fundamental en sistemas biológicos, psicológicos y sociológicos.

También puede decirse que la segregación progresiva es el proceso por el cual un sistema pasa del estado de totalidad (propiedad 3) a un estado de independencia de los elementos: el sistema va escindiéndose, separándose o segregándose gradualmente en cadenas causales independientes, con lo cual dejan de interactuar dinámicamente 'todos con todos' (70 a 73).

Así por ejemplo, en el desarrollo del sistema nervioso y de la conducta, partiendo de acciones de cuerpo entero o de grandes regiones, se pasa luego de a poco al establecimiento de centros definidos y arcos reflejos localizados.

Este principio destaca la idea de que hay seis procesos íntimamente vinculados entre sí: la segregación, la diferenciación, la especialización, la complejización, la mecanización, y la pérdida de regulabilidad, siendo todos ellos, en el caso de los sistemas biológicos, psicológicos y sociales, progresivos o crecientes. Ello significa que a medida que aumenta la diferenciación y la especialización, aumenta también la segregación, la mecanización y la complejización, y en la medida que el sistema va mecanizándose, va perdiendo regulabilidad, pasando paulatinamente de las regulaciones primarias a las regulaciones secundarias (ver *Regulación*).

FOR AUTHOR USE ONLY

f) Centralización e individualización progresiva.- Paralelamente a los anteriores procesos, ocurre también una centralización y una individualización progresivas. A medida que las partes van diferenciándose, unas empiezan a dirigir o a dominar a las otras, es decir, se constituyen en 'partes conductoras' o centros conductores (centralización). Así por ejemplo, conforme evoluciona el sistema nervioso, se observa que algunas partes pasan a controlar a las otras (los centros superiores a los inferiores), mientras que en estadios muy primitivos de este sistema no se advierte esto, como en el caso de los sistemas nerviosos difusos de animales inferiores, constituidos por una red nerviosa homogénea. Durante el desarrollo embrionario, del mismo modo, ciertas partes empiezan a estar

privilegiadas, dirigiendo el desarrollo de las demás partes: son los llamados 'organizadores'.

Correlativamente con la centralización, el organismo va individualizándose, es decir, haciéndose 'único', individual. Von Bertalanffy define precisamente individuo como un sistema centrado, lo cual de hecho es un caso límite al cual tienden el desarrollo y la evolución, de modo que el organismo se vuelve cada vez más unificado e 'indivisible'. La relación entre centralización e individualización es evidente: en la medida que todas las partes pasan a depender de otra parte central, el todo queda unificado en torno de esta última (73 a 76).

g) Orden jerárquico.- Los sistemas están frecuentemente estructurados de modo tal que sus partes son a su vez sistemas del nivel inmediato inferior. Aunque von Bertalanffy no suele utilizar el término, podría decirse que los sistemas se organizan en 'sub-sistemas', etc., y así sucesivamente. Desde ya, en la dirección opuesta habrá también 'supra-sistemas', es decir, sistemas formados por sistemas.

Semejante estructura jerárquica es característica de la realidad como un todo y tiene fundamental importancia especialmente en biología, psicología y sociología (76, 77).

h) 'Diversidad'.- Este principio, que aquí podría llamarse principio de diversidad, afirma simplemente que no hay una única clase de sistemas (77). La clasificación más importante los divide en sistemas cerrados y sistemas abiertos, cada cual con sus propiedades específicas (ver los respectivos artículos).

i) Finalidad.- A medida que evolucionan, los sistemas están o parecen estar orientados hacia un fin, como por ejemplo mantener constante alguna variable (directividad estructural u homeostasis). Hay sin embargo otros tipos de finalidad más típicas de los sistemas biológicos, como la equifinalidad, o de los sistemas psicológicos como la intencionalidad (77 a 82).

Para una ampliación de todos estos principios, remitimos al lector a los artículos respectivos. Aquí se completa la explicación afirmando que, si bien von Bertalanffy enunció estos principios sin pretender ser exhaustivo, dicho repaso demostró ser notablemente completo.

FOR AUTHOR USE ONLY

Salvando variaciones secundarias en cuanto a terminología, no han sido agregados más principios de significación comparable, por deseable que esto hubiese sido (99). Aun así, es conveniente agregar a las propiedades formales explícitamente enunciadas por von Bertalanffy, también la estabilidad y la adaptación.

6. Sistema y modelo.- Si se enfatizan y desarrollan alguno o algunos de los principios indicados en el ítem anterior a ciertas áreas de la realidad, se obtienen ciertos modelos específicos. Por ejemplo en el campo del metabolismo cuantitativo, si se enfatiza el principio del crecimiento se obtendrán modelos como el alométrico, o incluso otro modelo propuesto por el mismo von Bertalanffy (ver *Crecimiento*). Asimismo, si se enfatiza el principio de finalidad, se podrán desarrollar modelos del organismo como sistema abierto y estado uniforme, o modelos de homeostasis (162).

FOR AUTHOR USE ONLY

SISTEMA ABIERTO

Todo sistema que intercambia materia (y por tanto, energía) con el medio circundante, que exhibe importación y exportación, constitución y degradación de sus componentes materiales (146). Los sistemas abiertos poseen ciertas características propias tales como la tendencia hacia un estado uniforme, la entropía negativa, o tendencia hacia grados crecientes de complejidad y organización y hacia estados de máxima improbabilidad, la presencia de procesos irreversibles etc. Ejemplos: los seres vivos, la personalidad, la familia, las sociedades, etc.

1. Aspectos históricos.- Tradicionalmente, la físico-química se ocupa de sistemas cerrados, pero en décadas recientes ha sido necesario ampliar esta perspectiva a propósito del estudio de sistemas biológicos, psicológicos y sociales, que deben ser entendidos como sistemas abiertos con estados y procesos especiales: estados de desequilibrio (o estados uniformes), y

procesos irreversibles (32). Por lo tanto, cabe considerar a la teoría de los sistemas abiertos como una importante generalización de la teoría física, la cinética y la termodinámica, al incluir nuevos conceptos como equifinalidad, orden creciente, etc., propios de los sistemas abiertos, y al extender la idea de sistema al campo de la biología, la psicología, la sociología, y hasta la geología y la meteorología (106).

2. Sobre la definición de sistema abierto.- Si bien von Bertalanffy es lo suficientemente claro e insistente al afirmar que un sistema abierto es aquel que intercambia materia y energía con el entorno, en algún momento llega a afirmar que ciertos sistemas son abiertos respecto de la información, pero cerrados respecto de la materia y la energía (100, 169), es decir, intercambian información con el medio pero no intercambian componentes materiales ricos en energía, siendo un ejemplo de ellos los sistemas retroalimentados. Esta afirmación supone, obviamente, que la información y la energía no son exactamente equivalentes, ya que puede circular información sin que circule energía (42).

FOR AUTHOR USE ONLY

No obstante, en el presente texto se considerará sistema abierto como aquel que intercambia materia y energía, salvo indicación en contrario. Desde este punto de vista, debe entenderse un sistema abierto como aquel que, como consecuencia de este intercambio (importación-exportación de materia), él y su entorno se modifican e influencian recíprocamente, y que es además capaz de una actividad relativamente autónoma (por ejemplo sintetiza y degrada materia), lo que es posible gracias al aporte energético del exterior. Aun sin estímulos externos, el organismo no es un sistema pasivo sin intrínsecamente activo (218).

Tal vez resulte un poco chocante hablar de intercambio de componentes materiales en sistemas abiertos como la personalidad, la familia o la sociedad. Von Bertalanffy, sin negar, afirmar o analizar explícitamente esta cuestión, al hablar de sistemas abiertos en términos de intercambio de materia y energía está tomando mas bien como modelo al sistema biológico, al organismo viviente, mientras que cuando se refiere a sistemas

psicológicos y sociales pone mas bien en énfasis en su condición de sistema intrínsecamente activo y autónomo (218, 219), o en algunas de sus otras propiedades como la organización, el orden creciente, la equifinalidad, la tendencia al estado uniforme, etc.

3. Características de los sistemas abiertos y comparación con los sistemas cerrados.- Cabe enumerar estas características en forma escueta, porque las explicaciones correspondientes podrán encontrarse en los artículos respectivos, a los que aquí se hace referencia.

a) Los sistemas abiertos tienden a evolucionar hacia un estado uniforme, y los sistemas cerrados hacia un estado de equilibrio (ver *Estado uniforme*, donde se detallan varias otras características derivables de este tipo de estado).

b) Los sistemas abiertos tienen entropía negativa, es decir, 'pueden' evolucionar hacia estados de mayor organización y complejidad, mientras que los sistemas cerrados exhiben entropía positiva, o sea 'deben' evolucionar hacia estados de menor organización y complejidad. La diferencia entre 'deben' y 'pueden' alude la hecho de que el sistema abierto puede también tener entropía positiva, y de hecho esta es su tendencia final, desde que su destino es la muerte. Los sistemas vivos (41), si se mantienen como tales es porque logran evitar el aumento de entropía (positiva) y hasta pueden desarrollarse hacia estados de orden y organización crecientes (para mayores detalles, ver *Entropía*).

c) Si bien hay ejemplos de sistemas abiertos y cerrados, como un ser vivo y un átomo, respectivamente, ello no debe hacernos pensar que nada tienen que ver uno con el otro, puesto que un ser vivo (sistema abierto) contiene dentro de sí átomos (sistemas cerrados). En efecto, algunos sub-sistemas de los sistemas abiertos son cerrados, pero ello no alcanza para caracterizar a los primeros como cerrados, porque el todo es más que la suma de partes.

d) En cuanto a la finalidad todos los sistemas abiertos, en oposición a los sistemas cerrados, exhiben ciertos tipos de finalidad como la equifinalidad y, particularmente el hombre, la intencionalidad (ver

COPYRIGHT AUTHOR USE ONLY

Finalidad, *Equifinalidad* e *Intencionalidad*). Los sistemas cerrados poseen exclusivamente otros tipos de finalidad.
e) Los sistemas abiertos son estudiados por la termodinámica de los procesos irreversibles, y los sistemas cerrados los estudia la termodinámica clásica, o termodinámica de los procesos reversibles (ver *Estado uniforme, punto 2, apartado 6*). Ya se ha indicado que la termodinámica irreversible es una extensión de la última de manera de poder incluir los sistemas abiertos de la biología, la psicología, la historia, etc.

SISTEMA CERRADO

> **Es aquel sistema donde ni entra ni sale de él materia (125), y en este sentido se consideran aislados del medio circundante (39). Son sistemas que tienden hacia un estado de equilibrio, que exhiben entropía positiva, y que se caracterizan por reacciones reversibles. Ejemplo típico: un recipiente cerrado donde se mezclan sustancias que, al reaccionar, llegan finalmente a un estado de equilibrio, según la ley de acción de masas.**

FOR AUTHOR USE ONLY

Los estudios clásicos de física y química estudiaban los sistemas cerrados, y sólo en décadas recientes se incorporaron los estudios de sistemas abiertos.
Von Bertalanffy considera los sistemas cerrados en relación con la ausencia de intercambio de materia. No obstante esto, debe tenerse en cuenta que algunos sistemas cerrados son 'abiertos' a otras influencias como por ejemplo a la energía radiante (que puede ingresar al sistema sin un sustrato material) o a la información (como los sistemas retroalimentados). La definición de un sistema cerrado pasa entonces por especificar qué cosas puede intercambiar y qué cosas no. En el texto de von Bertalanffy se considera predominantemente el intercambio de materia.
En rigor, sistemas cerrados ciento por ciento no existen, salvo que se considere como tal al universo en su conjunto. Si se habla de

sistemas cerrados a una escala mucho menor, como por ejemplo una reacción química que sigue la ley de acción de masas, es por razones mas bien convencionales. Por lo demás, cuando se definen los sistemas cerrados como aquellos que retornan al equilibrio anterior, ello implica que se ha producido un desequilibrio. Este desequilibrio solo puede originarse por influencia externa, con lo cual el sistema cerrado…. es abierto.
Los sistemas cerrados presentan una serie de características (ver *Sistema Abierto, apartado 3)*.

SISTEMA QUÍMICO

La fisicoquímica estudia fundamentalmente sistemas cerrados, como los sistemas regidos por la ley de acción de masas, y apenas si considera los sistemas químicos abiertos, en la química tecnológica. Sin embargo, otros sistemas químicos abiertos, como los organismos, resultan de importancia fundamental para el biólogo (126, 127). Los sistemas químicos cerrados y abiertos presentan algunas semejanzas y diferencias (129).

FOR AUTHOR USE ONLY

Un sistema químico cerrado se caracteriza por estar constituido siempre por los mismos componentes, que reaccionan entre sí una y otra vez de acuerdo a la ley de acción de masas, es decir, unos se transforman en otros hasta llegar a un equilibrio donde la relación entre las concentraciones de ambos componentes alcanza un cierto valor.
Hay dos razones en esta preferencia por el estudio de los sistemas cerrados: una razón teórica (la físico-química se interesa más que nada por estudiar lo que ocurre en sistemas aislados material y energéticamente del entorno), y una razón práctica (es más difícil establecer técnicamente sistemas abiertos) (126).
Von Bertalanffy cita la ley de acción de masas como un ejemplo de funcionamiento de sistemas cerrados en química: a temperatura fija, en el equilibrio de una reacción reversible, la relación entre el

producto de las concentraciones de las sustancias formadas y el de las sustancias reaccionantes, es constante.
El enunciado anterior es una de las formas de expresar esta ley química, establecida en 1867 por Guldberg y Waage. Si se colocan en un recipiente las sustancias reaccionantes A y B, estas reaccionan formando los productos C y D. A su vez, C y D reaccionan formando nuevamente A y B, y así sucesivamente:

$A+B \Leftrightarrow C+D$

Se trata entonces de una reacción reversible, lo que queda indicado por la doble flecha. Las sustancias seguirán reaccionando en uno y otro sentido hasta llegar a un estado de equilibrio donde las velocidades en uno y otro sentido se igualan. Esto ocurre, dice la ley de acción de masas, cuando las sustancias involucradas en la reacción adquieren una determinada concentración.
La ley de acción de masas puede ser descrita a partir de un determinado sistema de ecuaciones. Este último, dado sus carácter matemático abstracto, puede ser también aplicado a otros campos, como la demografía, la cinética de los procesos celulares y la teoría de la competencia dentro de un organismo (56).

FOR AUTHOR USE ONLY

2. Sistemas químicos abiertos.- Un sistema químico abierto se caracteriza porque los componentes no son siempre los mismos: continuamente está ingresando la sustancia A y eliminándose la sustancia B (recambio permanente). Ejemplos típicos de sistemas químicos abiertos se encuentran en la química industrial (fermentación continua, la producción de ácido acético, etc.) y en la biología (el organismo viviente es, en sí mismo, un sistema químico abierto en tanto intercambia permanentemente materia y energía con el medio) (126, 127).

3. Semejanzas y diferencias.- Los sistemas químicos cerrados y los abiertos exhiben cierta semejanza, en el sentido que ambos procuran mantener constante ciertos valores, como las relaciones de concentración. En ninguno de los dos hay un reposo químico, ni

siquiera en el sistema cerrado: el sistema químico cerrado no está en reposo, pues continuamente hay reacciones entre componentes, aunque si hay un estado de equilibrio, donde los componentes siguen reaccionando pero manteniendo constante determinada concentración. Sin embargo, en otros aspectos igualmente esenciales, ambos tipos de sistema químico presentan diferencias, a saber:

a) Los sistemas cerrados alcanzan un equilibrio 'auténtico' (129), y los sistemas abiertos un equilibrio estacionario (o también cuasi-uniforme), también llamado estado uniforme. Más específicamente:

b) Los equilibrios en sistemas químicos cerrados y abiertos de caracterizan por la composición constante: en el momento del equilibrio siempre hay las mismas concentraciones de sustancias. La diferencia está en que en el sistema cerrado las sustancias son siempre las mismas, porque ni se reciben del exterior ni se eliminan hacia él. En el sistema químico abierto, en cambio, hay un fluir continuo de las sustancias desde y hacia el exterior. En la reacción vista, por ejemplo, si es concebida como sistema abierto la sustancia A es continuamente recibida desde afuera y la sustancia C continuamente eliminada, pero sus concentraciones tienden a permanecer siempre constantes, al igual que en un sistema cerrado. Un ejemplo demográfico puede ser este: un país tiene una cantidad de habitantes siempre igual, pero los habitantes mismos van cambiando (unos nacen, entran al sistema, otros mueren y salen del sistema). En suma: En los sistemas cerrados no hay un recambio permanente de sustancias, lo que sí sucede en los sistemas abiertos.

c) "Los equilibrios químicos en sistemas cerrados se basan en reacciones reversibles. Por el contrario, en los sistemas abiertos el estado uniforme no es reversible" (129). En los sistemas abiertos hay numerosas reacciones donde la sustancia A se transforma en la sustancia B, pero ésta no vuelve a transformarse en A (134, 135).

d) Un sistema cerrado 'debe' alcanzar un estado de equilibrio sí o sí, independiente del tiempo, pero en un sistema químico abierto en cambio 'puede' alcanzar un estado uniforme, también

FOR AUTHOR USE ONLY

independiente del tiempo. Este 'puede' significa que el sistema abierto alcanzaría su estado uniforme si cesaran las influencias del entorno.

e) Un sistema cerrado en equilibrio no requiere energía para su preservación, ni puede obtenerse energía de él (téngase en cuenta que en un sistema cerrado, por definición, no puede entrar ni salir energía). Un sistema abierto puede en cambio producir energía (trabajo), pero siempre que no alcance efectivamente un equilibrio típico de sistema cerrado, sino que 'tienda' a alcanzarlo. Por ello las reacciones químicas del organismo vivo son sistemas abiertos, es decir, están dispuestos de forma de mantener un fluir constante de agua y elementos químicos cuyo contenido energético pueda transformarse en trabajo, y poder ser usado por el organismo (129). Para decirlo en otras palabras: los sistemas cerrados 'deben' tender hacia un estado de equilibrio, mientras que los sistemas abiertos 'pueden' tender, dadas ciertas condiciones, a alcanzar un estado uniforme. Por ejemplo, un depósito cerrado tiene mucha energía potencial, pero no sirve para producir trabajo, como podría ser para impulsar un motor. En el sistema químico abierto, en cambio, al ingresar continuamente materia y energía, una parte de esta puede ser utilizada para producir trabajo (por ejemplo para desplazar un objeto mediante la fuerza muscular). Estos sistemas abiertos se mantienen siempre alejados del estado de equilibrio típico del sistema cerrado (es decir mantienen intacta su capacidad de producir trabajo) gracias al continua suministro de energía del medio. El estado uniforme tiene precisamente esa capacidad de producir trabajo, mientras que el estado de equilibrio de los sistemas cerrados se caracteriza, al revés, por un mínimo de energía libre (129, 130).

FOR AUTHOR USE ONLY

SOCIOLOGÍA

Ciencia que se ocupa del estudio de grupos o sistemas humanos, desde los más reducidos como la familia, hasta los más grandes como las naciones. El moderno enfoque de

sistemas va introduciéndose cada vez más en la sociología, a través de conceptos como sistema general, retroalimentación, información, comunicación, etc. (205).

1. Sociología e historia.- Ambas disciplinas estudian las sociedades humanas, con la diferencia de que la historia la estudia a través del tiempo, en su devenir, y la sociología lo hace sobre el presente analizando cómo es la sociedad hoy. El primero es un estudio longitudinal, y el segundo es un estudio transversal de la sociedad (6, 113).

2. Objeto de estudio de la sociología.- Más específicamente, la sociología estudia los sistemas humanos, desde los más reducidos como la familia o el grupo de trabajo, hasta las naciones, bloques de poder y las relaciones internacionales. Entre ambos extremos hay también una gama de organizaciones tanto formales como informales, también estudiadas por la sociología (205). Aunque tradicionalmente la sociología estudia organizaciones informales, últimamente ha incorporado también el estudio de organizaciones formales, como las empresas, el ejército o la burocracia, todas estructuras escrupulosamente instituidas con fines determinados (7). Tanto las organizaciones informales como las formales han sido estudiadas, sobre todo en los últimos tiempos, desde un punto de vista sistémico.

FOR AUTHOR USE ONLY

3. Enfoque sistémico en organizaciones informales.- La reciente teoría sociológica busca en gran medida definir el 'sistema' sociocultural y en discutir el funcionalismo, vale decir, la consideración de los fenómenos sociales con respecto al 'todo' al que sirven. A grandes rasgos se trata de un enfoque similar al de la TGS, con la única diferencia de que ciertas teorías funcionalistas (por ejemplo la de Parsons) insiste demasiado en el mantenimiento del equilibrio, el ajuste, la homeostasis y la estabilidad institucional, mientras que el enfoque sistémico procura ceder el mismo espacio teórico también a los procesos de cambio, al desarrollo dirigido desde dentro del seno social, a los conflictos, etc. (207).

Como ejemplo de aplicación de la TGS a la sociedad humana, von Bertalanffy cita los análisis de Boulding, quien elabora un modelo general de organización regida por las llamadas leyes férreas, válidas para cualquier organización social. Ejemplos: a) Ley de Malthus: el incremento de la población supera por regla general al de los recursos para alimentarla; b) Ley de las dimensiones óptimas: mientras más crece una organización, más se alarga el camino para la comunicación, lo cual a su vez actúa como factor limitante, no permitiendo a la organización crecer más allá de ciertas dimensiones críticas: c) Ley de inestabilidad: muchas organizaciones no están en equilibrio estable, sino que exhiben fluctuaciones cíclicas resultantes de la interacción entre sub-sistemas. Existen aún otras muchas leyes similares, como las leyes de Volterra y la ley del oligopolio, etc., pero todas están enunciadas en el marco teórico de un enfoque sistémico de los estudios sociológicos (48).

FOR AUTHOR USE ONLY

4. Enfoque sistémico en organizaciones formales.- Las teorías de las organizaciones formales encaran su estudio bajo la premisa de que el único modo significativo de estudiar la organización es estudiarla como sistema de variables mutuamente dependientes, lo cual implica nuevamente un acercamiento al enfoque de la TGS (7).

Un ejemplo podría ser el estudio funcionalista de una empresa de negocios, donde se trata de examinar las interacciones entre sus elementos en función al todo. Un análisis de sistemas de este tipo tendrá en cuenta por ejemplo hombres, máquinas, edificios, entradas de materia prima, salida de productos, valores monetarios, buena voluntad y otros imponderables, dando diagnósticos sobre la situación de la empresa y sugiriendo medidas prácticas de intervención (206). En general, la TGS ha ejercido considerable influencia sobre el funcionalismo sociológico estadounidense (XIII).

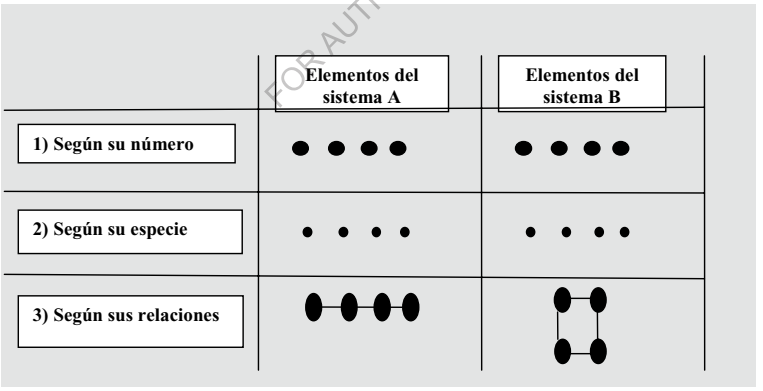
SUMATIVIDAD

a) En general, característica de los sistemas según la cual sus elementos pueden considerarse independientes unos de otros y por tanto, su suma total es igual a la suma de sus elementos componentes. b) En particular, la sumatividad es una característica de algunos sistemas matemáticos (sumatividad matemática), pero también es una característica de algunos sistemas físicos y, hasta cierto punto, de los organismos vivos (sumatividad física)(68, 69).

1. Características sumativas y constitutivas.- Un sistema está constituido ante todo por elementos. A su vez en los elementos se pueden atender tres cosas: 1) su número (cantidad de elementos del sistema), 2) sus especies (tipos de elementos del sistema), y 3) sus relaciones (cómo están vinculados los elementos dentro del sistema).

FOR AUTHOR USE ONLY

Aspectos de los elementos de un sistema



Siguiendo el esquema adjunto, puede apreciarse que, en cuanto al número, los sistemas A y B son distintos, porque el primero tiene cuatro y el segundo cinco. En cuanto a las especies, ambos sistemas también son distintos porque en el sistema B aparece un elemento de tipo diferente, aun cuando ambos tengan el mismo número de elementos. Finalmente en cuanto a las relaciones, los

sistemas A y B también son distintos porque, incluso cuando tengan el mismo número y todos los elementos sean de la misma especie, sus relaciones son diferentes: en el sistema A el primero y el último elemento no se relacionan directamente, cosa que sí ocurre en el sistema B.

En los casos 1) y 2), el complejo puede ser comprendido como suma de elementos considerados aisladamente; pero en el caso 3) no sólo hay que conocer los elementos, sino también las relaciones entre ellos. Características del primer tipo se llaman 'sumativas', y del segundo tipo 'constitutivas' (54).

Las características sumativas de un elemento, entonces, son aquellas que son iguales tanto dentro como fuera del sistema, con lo cual el comportamiento de éste resulta de la simple suma de las características o comportamientos de los elementos. Por ejemplo el peso de un juguete o de un átomo, que resulta de la simple suma de los pesos parciales de sus partes componentes.

Las características constitutivas son las que dependen de las relaciones específicas dadas dentro del sistema, como el caso de las características químicas. Un ejemplo es la isomería: los isómeros son compuestos con iguales elementos (iso = igual, mero = parte), pero relacionados de distinta manera según el isómero considerado, vale decir, los átomos presentan diferentes disposiciones dentro de la molécula (55). Las características constitutivas no son explicables a partir de las características de las partes aisladas, y por lo tanto aparecen como 'nuevas' o 'emergentes'. Sin embargo, si conocemos el total de partes contenidas en un sistema y la relación que hay entre ellas, el comportamiento del sistema es derivable a partir del comportamiento de las partes. También puede decirse: si bien es concebible la composición gradual de una suma, un sistema, como total de partes interrelacionadas, tiene que ser concebido como compuesto instantáneamente (55).

Si bien las características sumativas han sido privilegiadas por el paradigma mecanicista y las constitutivas por el paradigma sistémico, interesarán también para este último las características sumativas por encontrarse presentes también en los sistemas. En

FOR AUTHOR USE ONLY

particular (69), los principios de sumatividad son aplicables al organismo hasta cierto punto, como cuando se considera que la palpitación de un corazón ocurre del mismo modo tanto si se lo considera dentro del organismo (dentro del sistema), como aislado, experimentalmente o no, fuera de él.

2. *La sumatividad como propiedad formal de los sistemas*.- Entre las propiedades de los sistemas encontramos la totalidad y la sumatividad (ver *Sistema*). La totalidad está estrechamente vinculada con las características constitutivas, pero aquí se explicará brevemente la sumatividad, vinculada con las características sumativas.

Desde esta perspectiva, la sumatividad es una propiedad formal de los sistemas según la cual sus elementos pueden ser considerados independientemente unos de otros, es decir, su suma total es igual a la suma de sus elementos componentes (54). La sumatividad aparece por ejemplo en sistemas matemáticos (sumatividad matemática o en sentido matemático (70) y en los sistemas reales (sumatividad física o independencia) (69).

Interesa especialmente la sumatividad según este segundo planteo, y en tal sentido la sumatividad resulta ser una propiedad formal de los sistemas parciales [es decir, sub-sistemas] altamente 'mecanizados' (69). Esto significa lo siguiente: un organismo vivo es un sistema total donde tienen gran importancia las características constitutivas. Sin embargo, y como consecuencia de los procesos de diferenciación y segregación, a medida que dicho sistema evoluciona sus partes o conjuntos de partes van aislándose progresivamente entre sí (aunque no totalmente) y constituyendo sistemas parciales o sub-sistemas donde sí pasan a un primer plano las simples características sumativas, es decir, estos sub-sistemas se comportarán del mismo modo tanto dentro del sistema como fuera de él, por encontrarse altamente 'mecanizados'. Es el ejemplo del corazón ofrecido anteriormente en este mismo artículo.

Para von Bertalanffy, las propiedades constitutivas son muy importantes en el contexto de los sistemas abiertos como los seres vivos, y en este sentido critica la posición de Bertrand Russell (69)

FOR AUTHOR USE ONLY

según la cual hasta la fecha, no hay evidencias que en los fenómenos biológicos existan propiedades constitutivas y, por ende, sólo debe admitirse como hipótesis de trabajo la hipótesis de las propiedades sumativas, en tanto no aparezcan elementos de juicio en contra de ella.

TECNOLOGÍA

En general, la tecnología es la aplicación de los conocimientos científicos a la realidad a los efectos de influir sobre ella para transformarla. Específicamente, la Tecnología de los sistemas se ocupa de la aplicación de los conocimientos obtenidos mediante la Ciencia de los sistemas (XIV).

FOR AUTHOR USE ONLY

La ciencia abarca dos grandes campos: la ciencia pura y la ciencia aplicada, o tecnología. La primera elabora conocimiento, la segunda aplica ese conocimiento a la realidad con algún fin utilitario. Por ejemplo, la física es ciencia pura, y la ingeniería es un ejemplo de la correspondiente tecnología o ciencia aplicada. Otro tanto ocurre por ejemplo con la química y la merceología, o con la biología y la medicina.

La Tecnología de los sistemas es la parte de la TGS en sentido amplio que se ocupa de los problemas que surgen en la tecnología y la sociedad modernas y que comprenden tanto el hardware de las computadoras y máquinas autorreguladas, como del software de los nuevos adelantos y disciplinas teóricas (XIV). Es, entonces, la aplicación práctica de los conocimientos acerca de los sistemas.

El desarrollo de la maquinaria autorregulada es un ejemplo de tecnología física, pero, en la medida en que puedan conocerse los principios que rigen los sistemas psicológicos (por ejemplo la personalidad) y los sistemas sociales (por ejemplo la sociedad), se estará en condiciones de aplicarlos para evitar la deshumanización del hombre, y se habrá empezado a desarrollar una tecnología psicológica (217, 218) y una tecnología sociológica (51 a 53). Tal

deshumanización se podría producir, según von Bertalanffy, por el contraste entre un desarrollo excesivo de la tecnología física y un vacío de conocimientos de la naturaleza humana a nivel individual y social.

TEORÍA

Las teorías son sistemas hipotético-deductivos o esquemas conceptuales que: a) orientan la observación científica (162), y b) constituyen una importante meta de la ciencia en su búsqueda de explicaciones cada vez más satisfactorias de la realidad (89).

Cabe aclarar que, en general, una teoría científica es un sistema de enunciados ordenados jerárquicamente desde los más generales a los menos generales, donde los últimos se deducen de los primeros, y donde todos están referidos a un determinado sector de la realidad. Casi todos estos enunciados son hipótesis, y de aquí que una teoría sea en última instancia un sistema hipotético-deductivo. Por ejemplo, la TGS, la teoría psicoanalítica, la teoría de la probabilidad, etc.

FOR AUTHOR USE ONLY

En la perspectiva de von Bertalanffy, la ciencia busca siempre construir teorías para explicar cada vez mejor la realidad. No obstante, queda abierta aún la cuestión de si algún día se llegará a establecer un sistema hipotético-deductivo que abarque todas las ciencias, de la física a la biología y la sociología. Por ahora, sólo se pueden establecer leyes específicas para los distintos niveles o estratos de la realidad, y de ahí surge una correspondencia o isomorfismo de leyes y esquemas conceptuales en diferentes campos que sustentan la unidad de la ciencia (89, 90).

Para von Bertalanffy (102, 103). es esencial no considerar a las teorías como sistemas cerrados y definitivos. A partir de allí, la discusión acerca de si una teoría debe o no estar enunciada axiomáticamente o bien formulada laxamente como una hipótesis de trabajo, puede pasar a un segundo plano

Suele oponerse observación y teoría: por un lado estarían los 'hechos observados' y por el otro la 'mera teoría' como producto de alguna especulación sospechosa. Para von Bertalanffy tal oposición no existe, en cuanto una presupone la otra. Por ejemplo, los datos supuestamente brutos o incontaminados de la observación están siempre impregnados de teoría (161) (ver también *Observación*), y además, ésta última se construye como un intento por resolver los problemas detectados mediante la observación.

TEORÍA GENERAL DE LOS SISTEMAS (TGS)

Doctrina que se ocupa de la formulación y derivación de principios aplicables a los sistemas en general, sin importar la naturaleza de sus componentes ni las fuerzas que los gobiernan (32, 37, 155). Representa un amplio punto de vista que trasciende grandemente los problemas y requerimientos tecnológicos, una reorientación que, según von Bertalanffy, se ha vuelto necesaria en la ciencia en general, desde la física y la biología hasta las ciencias del comportamiento, las ciencias sociales y la filosofía (VIII).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Qué es la TGS.- La TGS busca aquellos principios que sean aplicables a los sistemas en general, sin importar que sean de naturaleza física, biológica o sociológica. A partir de aquí y definiendo bien el sistema, se aprecia que existen modelos, principios y leyes que se aplican a sistemas generalizados, o sistemas en general, sin importar su particular género, elementos y 'fuerzas' participantes. Consecuencia de la existencia de propiedades generales de sistemas es la aparición de similaridades estructurales (ver *Isomorfismo*) en diferentes campos, es decir, hay correspondencias entre los principios que rigen el comportamiento de entidades intrínsecamente muy distintas. Conceptos, modelos y leyes parecidos surgen una y otra vez en campo muy diversos,

independientemente y fundándose en hechos del todo distintos (33).
Estas correspondencias o isomorfismos constituyen el dominio de la TGS (XIV), y de aquí que su utilidad reside precisamente en proporcionar modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos evitando, al mismo tiempo, vagas analogías que a menudo han perjudicado el progreso en dichos campos (34).
La denominación 'teoría general de los sistemas' y su respectivo programa fue introducido por Ludwig von Bertalanffy, aun cuando no pocos investigadores de varios campos habían llegado ya a conclusiones y enfoques similares (38).

2. Qué no es la TGS.- Diversos críticos han cuestionado la TGS desde varios ángulos. Al respecto, von Bertalanffy contesta estas críticas indicando lo que no es la TGS. a) La TGS no es una simple o trivial aplicación de la matemática conocida a diferentes ámbitos de la realidad. La aparición de problemas novedosos vinculados a nociones como totalidad, organización, teleología, etc., requieren, en realidad, nuevos modos de pensamiento matemático (35). En forma elaborada, la TGS sería una disciplina lógico-matemática, puramente formal en sí misma pero aplicable a las varias ciencias empíricas (37). b) La TGS no se ocupa de trazar simples analogías entre diferentes fenómenos de la realidad. Las analogías superficiales son engañosas, como por ejemplo pretender comparar un organismo viviente con un Estado o nación. La TGS no busca analogías sino isomorfismos, que son correspondencias más profundas que permiten afirmar que las realidades comparadas tienen en común el hecho de constituir sistemas (35). c) La TGS no es una concepción que carezca de valor explicativo. Von Bertalanffy plantea que hay grados y grados en la explicación científica, y que en ciertos campos complejos y teóricamente poco desarrollados corresponde conformarse con 'explicaciones en principio' (ver *Explicación*), que siempre son mejores a la falta total de explicación (36).

CONTRIBUTOR COPY

3. Metas de la TGS.- Sus metas principales pueden resumirse del siguiente modo (38): 1) Hay una tendencia general hacia la integración en las varias ciencias, naturales y sociales. 2) Tal integración parece girar en torno a una TGS. 3) Tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia. 4) Al elaborar principios unificadores que corren 'verticalmente' por el universo de las ciencias, esta teoría acerca a la meta de la unidad de la ciencia. 5) Esto puede conducir a una integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica.

En última instancia, según se ve, la TGS busca la unificación de todas las ciencias, pero no a partir de un reduccionismo (reducir todas las ciencias a la física), sino a partir un perspectivismo (el principio unificador es la existencia de sistemas en todos los niveles, es decir, de principios comunes o uniformidades estructurales denominadas isomorfismos, en diferentes ámbitos científicos) (49).

FOR AUTHOR USE ONLY

4. Motivos que llevaron a postular una TGS.- Von Bertalanffy resume estos motivos en seis puntos un tanto redundantes: 1) Los mismos adelantos en la física mostraron que los átomos, partículas subatómicas, etc. no eran piedras metafísicas de construcción del universo sino modelos conceptuales harto complicados, inventados para dar razón de lo observado. Por otro lado, los avances en biología, ciencias del comportamiento y ciencias sociales revelaron conexiones con estos nuevos campos, con lo cual se impuso una 'generalización de los conceptos científicos', más allá de la física clásica, plasmada en una TGS (95). 2) La aparición de nuevos modelos en biología, ciencias del comportamiento, sociología, etc., que, retomando aspectos clásicamente considerados ilusorios o metafísicos como la interacción multivariable, la organización, el automantenimiento, la directividad, etc., obligó a la introducción de nuevas categorías en el pensamiento y la investigación científica (96). 3) En la física y la biología modernas salen sin cesar al paso problemas tocantes a la 'complejidad organizada', interacciones entre muchas (pero no infinitas) variables, que requieren nuevas

herramientas conceptuales (96). 4) Cada ciencia tiene sus propios instrumentos conceptuales para explicar y predecir sus fenómenos correspondientes, no obstante lo cual ellas no son compartimientos estancos e independientes, habiendo una cierta continuidad, por ejemplo, entre la física y la biología, y entre ésta y las ciencias del comportamiento y de la sociedad (96, 97). 5) Hace falta expandir la ciencia para vérselas con los nuevos fenómenos biológicos, comportamentales y sociales, para lo cual hay que introducir nuevos modelos conceptuales. 6) Estas construcciones teóricas ampliadas y generalizadas son interdisciplinarias: trascienden el marco de una determinada ciencia y son aplicables a fenómenos de distintos campos, lo que conduce al isomorfismo de modelos (97).

5. Métodos de la TGS.- Hay dos métodos generales posibles en la investigación general de los sistemas: el método empírico-intuitivo y el método deductivo.

a) Método empírico-intuitivo.- Parte de la observación de diversos fenómenos del mundo, examina los varios sistemas encontrados, y acto seguido ofrece enunciados acerca de las regularidades que se han hallado válidas. Aunque no tiene mucha elegancia matemática ni vigor deductivo, este procedimiento tiene la ventaja de mantenerse muy cerca de la realidad y de ser fácil de ilustrar y hasta de verificar mediante ejemplos tomados de distintas ciencias. Este método lo utilizó por ejemplo el mismo von Bertalanffy, cuando investigando en biología encontró ciertos principios básicos como totalidad, suma, centralización, finalidad, competencia, y varios otros que han sido luego utilizados para la definición general de sistema (98, 99).

b) Método deductivo.- En lugar de estudiar un sistema, después otro, y luego otro más, etc. se empieza considerando el conjunto de todos los sistemas concebibles, y se reduce el conjunto a dimensiones más razonables mediante ciertos conceptos fundamentales (98). Un problema de este método es cómo saber si los términos fundamentales del punto de partida están o no correctamente elegidos (102), vale decir, si serán lo

FOR AUTHOR USE ONLY

suficientemente generales como para incluir en ellos todos los fenómenos observados.
Ashby fue un autor que siguió este segundo método. Por ejemplo, comenzó preguntándose por el 'concepto fundamental de máquina' y lo describe en términos de ecuaciones diferenciales simultáneas. El método tiene su limitación: el concepto de máquina de Ashby no resultó lo suficientemente general, pues no era aplicable a muchos problemas de organización (cosa que el mismo Ashby reconoció), y por lo tanto no alcanzaba la generalidad del concepto de 'sistema'. Adujo simplemente que había escogido ese modelo con propósitos de ilustración (98 a 102).
Von Bertalanffy indica que ambos métodos son importantes: como en cualquier otro campo científico, la TGS tendrá que desarrollarse por interacción de procedimientos empíricos, intuitivos y deductivos (102).

FOR AUTHOR USE ONLY

6. Clasificación de la TGS.- Von Bertalanffy empieza discriminando una TGS en sentido estricto, y una TGS en sentido amplio. La primera es también designada como TGS en sentido técnico o también 'teoría clásica de los sistemas' (XIII, 18, 94, 105, 264).
a) En sentido estricto, la TGS procura derivar, partiendo de una definición general de 'sistema' como complejo de componentes interactuantes, conceptos característicos de totalidades organizadas, tales como interacción, suma, mecanización, centralización, competencia, finalidad, etc., y aplicarlos entonces a fenómenos concretos (94). Los principios generales podrán ser aplicados a sistemas en general o también a subclases definidas de ellos (por ejemplo sistemas cerrados y abiertos). En razón de la generalidad de tal descripción, puede afirmarse que algunas propiedades formales así encontradas serán aplicables a cualquier entidad en tanto sistema, aun cuando su naturaleza específica se desconozca o no se investigue (18). La TGS en sentido técnico sigue entonces un camino deductivo, y más concretamente intenta caracterizar el sistema desde el punto de vista matemático (105, 264).

b) En sentido amplio, que es el adoptado por von Bertalanffy, la TGS se define como quedó indicado al comienzo de este artículo. Surgió debido al escaso alcance de la TGS en sentido estricto, la cual, al describir los sistemas en términos matemáticos, dejaba fuera muchos otros problemas de sistemas que no podían ni pueden por el momento ser descritos en dichos términos (XIII). La TGS en sentido amplio resulta ser así una expansión de la TGS en sentido técnico, pero debe tenerse presente que también se constituyó como una generalización de la llamada Teoría de los Sistemas Abiertos, surgida de la observación de esta clase de sistemas (155, 160).
La TGS en sentido amplio (designada en este libro simplemente como TGS), comprende las siguientes subdivisiones (XIII-XVII):

Clasificación de la Teoría General de los Sistemas

TGS en sentido amplio	Ciencia de los Sistemas	
	Tecnología de los sistemas	
	Filosofía de los sistemas	Ontología de sistemas Epistemología de sistemas 'Axiología' de los sistemas
TGS en sentido técnico o estricto (Teoría clásica de los sistemas)		

FOR AUTHOR USE ONLY

En su sentido amplio, la TGS comprende tres aspectos principales: 1) Ciencia de los Sistemas, o exploración y explicación científicas de los 'sistemas' de las diversas ciencias, con la TGS como doctrina de principios aplicables a todos los sistemas o a sub-clases definidas de ellos (XIII) (ver *Ciencia de los sistemas*). 2) Tecnología de los Sistemas, que aborda los problemas que surgen en la tecnología y la sociedad modernas y que comprenden tanto el

hardware de computadoras, como el software de los nuevos adelantos y disciplinas teóricas (XIV) (ver *Tecnología*). 3) Filosofía de los Sistemas, o reorientación del pensamiento y la visión del mundo resultante de la introducción del 'sistema' como nuevo paradigma científico (ver *Filosofía de los sistemas*). Desde esta perspectiva (XV a XVII), la Filosofía de los Sistemas abarca la Ontología de sistemas, que indaga qué es un sistema y qué tipos hay (ver *Ontología de sistemas*); la Epistemología de sistemas que, por oposición a la epistemología del positivismo lógico, propone una epistemología perspectivista (ver *Epistemología de Sistemas* y *Perspectivismo*); y la 'Axiología' de los sistemas, referida al aspecto humanístico de la TGS a partir de la noción de 'valor'. La denominación 'axiología' no es de von Bertalanffy, y es utilizada aquí en razón de su significado como 'teoría de los valores' (ver *Valor*).

DRACTHER ISA ONLY

7. Historia de la TGS.- La TGS tiene una larga historia (9 a 16). Una extensa serie de ilustres pensadores utilizaron la idea de sistema, aunque no hayan utilizado precisamente ese término. Entre ellos están Leibniz, Nicolás de Cusa, Paracelso, Vico, Hegel, Marx e incluso algunos literatos como Hermann Hesse.

En la década 1920-1930 se destacan los trabajos independientes entre sí de Köhler y de Lotka, que representan los primeros esbozos de una TGS. Sin embargo, la necesidad y factibilidad de un enfoque de sistemas no fue evidente hasta hace poco, al tomarse conciencia de la insuficiencia del modelo mecanicista.

Hacia 1925, von Bertalanffy se había percatado de la insuficiencia de este modelo en la biología, y propuso en esta disciplina la adopción de un enfoque organísmico que hiciera hincapié en la consideración del organismo como un todo o sistema y viese el objetivo principal de la biología en el descubrimiento de los principios de su organización. Hubo indudablemente precursores como Claude Bernard, y desarrollos paralelos como los de Whitehead y Cannon. La aparición de ideas similares en distintos campos fue sintomática de la nueva tendencia, que, sin embargo, requeriría tiempo para ser aceptada.

En conexión con sus trabajos experimentales sobre metabolismo y crecimiento por una parte, y su esfuerzo por concretar el programa organísmico por la otra, von Bertalanffy adelantó su teoría de los sistemas abiertos sobre la base que el organismo vivo era uno de ellos. Para incluirlos, fue necesaria la expansión de la física acostumbrada, lo que más tarde se concretó cuando por ejemplo la termodinámica clásica se expandió como termodinámica irreversible. Al mismo tiempo, se vio que podía construirse un modelo matemático general que incluyese la consideración de estos nuevos problemas como los de orden, organización, totalidad, teleología, etc. Tal fue la idea de la 'TGS'.

La propuesta de una TGS fue recibida como fantástica o presuntuosa, y llovieron las críticas (ver en este mismo artículo "Qué no es la TGS"). Finalmente, en 1954 cuajó el proyecto de una sociedad dedicada a la TGS que se llamó Sociedad para la Investigación General de Sistemas, y hoy está afiliada a la AAAS (American Association for de Advancement of Science), teniendo varios centros en EEUU y Europa. Sus funciones principales son: a) investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos, y fomentar provechosas transferencias de un campo a otro; b) estimular el desarrollo de modelos teóricos adecuados en los campos que carecen de ellos; c) minimizar la repetición de esfuerzo teórico en diferentes campos; d) promover la unidad de la ciencia mejorando la comunicación entre especialistas. Mientras tanto hubo otros progresos: surgen la cibernética de Wiener (1948), la teoría de la información de Shannon y Weaver (1949) y la teoría de los juegos de von Neumann y Morgenstern (1947). Wiener, por ejemplo, llevó los conceptos de cibernética, retroalimentación e información más allá de la tecnología, generalizándolos en los dominios biológico y social.

Sin embargo, no debe reducirse la TGS a la cibernética. Esta última es sólo una parte de la primera, pues los sistemas cibernéticos son un caso especial de los sistemas que exhiben autorregulación. La cibernética, junto con la teoría de la información, la teoría de los juegos y otras teorías constituyen diferentes 'enfoques' dentro de la TGS (ver *Enfoques de sistemas*). Tampoco debe pensarse que la

FOR AUTHOR USE ONLY

TGS surgió para resolver problemas tecnológicos en la segunda guerra mundial pues, como quedó indicado, sus orígenes son bastante anteriores.
La TGS tiene aún importantes problemas para resolver, como por ejemplo la formulación de una teoría general de las ecuaciones diferenciales no lineales, de los estados uniformes y los fenómenos rítmicos, un principio generalizado de mínima acción, la definición termodinámica de los estados uniformes, etc. (105).

TERMODINÁMICA IRREVERSIBLE

Generalización de la termodinámica clásica que permite incluir la consideración de los procesos irreversibles característicos de los sistemas abiertos y del estado uniforme (32). Tal expansión teórica vino a resolver la aparente contradicción entre la tendencia al desorden de los sistemas físicos, y la tendencia al orden de los sistemas vivientes (165).

FOR AUTHOR USE ONLY

1. Concepto.- La teoría termodinámica de los sistemas abiertos es la llamada termodinámica irreversible, y llegó a ser una importante generalización de la teoría física gracias a los trabajos de Prigogine y otros pensadores (147). La termodinámica irreversible intenta resolver la cuestión de como se justifica la existencia de sistemas abiertos con tendencia hacia el orden y hacia la entropía negativa (o neguentropía, o anentropía) crecientes, habida cuenta de que la tendencia universal de los acontecimientos es en realidad hacia el desorden y hacia la entropía positiva crecientes. Una primera solución a esta cuestión fue la vitalista, que propugnaba la existencia de entidades fantásticas (soplos vitales, entelequias, duendecillos) que infundían vida, es decir tendencia hacia el orden (165). Rechazada por anticientífica, la nueva solución llegó de la mano de la termodinámica irreversible, que intenta establecer la diferencia entre los sistemas cerrados y los abiertos a partir de la díada reversibilidad-irreversibilidad.

En efecto, los equilibrios químicos en sistemas cerrados se basan en reacciones reversibles. Por el contrario, en los sistemas abiertos el estado uniforme no es reversible, ni en conjunto ni en muchas reacciones (129). Von Bertalanffy relaciona los sistemas químicos cerrados con la reversibilidad a partir de la ley de acción de masas, que sostiene que en tales sistemas las reacciones químicas ocurren en ambas direcciones (A se convierte en B y B en A), es decir, hay reversibilidad.

2. Comentarios.- Von Bertalanffy sin embargo, no es lo suficientemente claro al respecto, y por momentos parece contradecirse cuando asigna irreversibilidad tanto a los sistemas cerrados (41) como a los abiertos (129). Probablemente, el autor citado afirme la irreversibilidad de los sistemas cerrados fundándose en la idea de proceso irreversible de la termodinámica clásica, que hace alusión al hecho de que, en toda transformación de una forma de energía en otra, una parte se desprende como calor tornándose energía inutilizable e irrecuperable, con lo cual jamás puede volverse al anterior estado inicial (irreversibilidad).
En suma: es posible concebir que tanto en los sistemas cerrados que tienden al desorden, como en los sistemas abiertos que tienden al orden se verifican procesos irreversibles, si se entiende por irreversibilidad en el primer caso la imposibilidad de volver a transformar íntegramente calor en trabajo útil, y en el segundo caso la imposibilidad del ser vivo de evolucionar 'hacia atrás', pues, para von Bertalanffy, el estado uniforme propio de los sistemas vivientes no es reversible.

FOR AUTHOR USE ONLY

TOTALIDAD

Propiedad formal de los sistemas según la cual éstos se conducen como un 'todo', es decir, los cambios en cada elemento dependen de todos los demás (68). Como tal, este concepto está estrechamente vinculado con los de

'organismo', 'organización' y 'sistema abierto',y, en algún sentido, se opone a la idea de 'sumatividad'.

Existen, desde ya, sistemas en los cuales en vez de encontrar totalidad encontramos sumatividad, pero la TGS pone de relieve la importancia de aquellos puntos de vista que subrayan el carácter no sumativo (es decir, totalista) de los sistemas físicos y biológicos, como modo de oponerse a la insuficiencia del paradigma mecanicista (69). En efecto, es necesario estudiar no sólo partes y procesos aislados, sino también resolver los problemas decisivos encontrados en la organización y el orden que los unifican, resultantes de la interacción dinámica de partes y que hacen que estas se comporten de distinta manera cuando se estudian aisladas o dentro del todo.

Propensiones similares se manifestaron en psicología. En tanto que la clásica psicología de la asociación trataba de resolver fenómenos mentales en unidades elementales -átomos psicológicos, se diría-, tales como sensaciones elementales, la psicología de la Gestalt reveló la existencia y la primacía de totalidades psicológicas que no son suma de unidades elementales y que están gobernados por leyes dinámicas. Finalmente, en las ciencias sociales el concepto de sociedad como suma de individuos a modo de átomos sociales (el modelo del hombre económico) fue sustituido por la inclinación a considerar la sociedad, la economía, la nación, como un todo superordinado a sus partes (31, 36, 37, 45).

El concepto de sistema es eminentemente holista: procura poner al organismo psicofisiológico, al comportamiento, a la sociedad, etc., como un todo bajo la lente del examen científico. Tal holismo se opone entonces, por ejemplo en el contexto de la psicología, a reducir los acontecimientos mentales y el comportamiento a un manojo de sensaciones, pulsiones, reacciones innatas o aprendidas, o cualesquiera elementos últimos fuesen presupuestos teóricamente (202).

La totalidad implica además enfatizar las relaciones entre los elementos, más que su consideración aislada. Vale decir, interesan

FOR AUTHOR USE ONLY

más las características 'constitutivas' del sistema, más que sus propiedades 'sumativas' (ver *Sumatividad*).

VALOR

Los valores son entidades estudiadas dentro del contexto de la Filosofía de los sistemas, a los efectos de rescatar el aspecto humanístico que debe tener la TGS, en contraposición a las tendencias que consideran en ésta sólo sus aspectos teóricos y tecnocráticos, que podrían conducir a la deshumanización del hombre y, en última instancia, a su destrucción (XVII).

La Filosofía de los Sistemas tiene tres partes: la Ciencia de los sistemas, la Tecnología de los Sistemas, y lo que aquí se podría llamar, aunque no sea un término empleado por von Bertalanffy, la 'Axiología' de los sistemas.
Esta axiología se ocuparía de las relaciones entre hombre y mundo en términos de lo que en filosofía se llaman 'valores', y que el autor mencionado no define explícitamente.
Para von Bertalanffy, la ciencia tiene un valor intrínseco, en la medida en que es un conocimiento que nos abre la posibilidad del control de la naturaleza. Pero tiene también un valor ético, en cuanto este control puede contribuir al desarrollo de la personalidad individual y la sociedad en general evitando así el caos de la deshumanización y la tecnocracia, que reducirían al hombre a una mera pieza de una maquinaria que finalmente terminaría destruyéndolo a través del hambre, las guerras, etc. (XVII, 52).
Se impone, por lo tanto, un estudio científico de los valores, una tecnología psicológica y sociológica. Se conocen demasiado bien las fuerzas físicas, y algo de las fuerzas biológicas, pero nada de las fuerzas sociales, que son precisamente, según von Bertalanffy, las fuerzas que podrían provocar el desastre. Hay algunos adelantos dentro de los enfoques sistémicos al respecto, como las teorías de la información, de los juegos y de la decisión, que

FOR AUTHOR USE ONLY

analizan detalladamente fenómenos tales como la carrera armamentista, la guerra, la competencia económica y otros (52, 208).

No obstante lo dicho, no debe sobreestimarse el valor de la simple supervivencia del individuo o la especie. Estos son valores biológicos, pero están también los valores específicamente humanos, que siempre aluden a un universo simbólico. Esto revela además que no se puede reducir lo humano a lo biológico, que tiene su especificidad por derecho propio (227).

El afán humano es más que autorrealización: se dirige a metas objetivas y realización de valores, es decir, busca perpetuar su universo simbólico desprendiéndose de su creador. La psicopatología estudia esta temática, cuando por ejemplo habla de la psiconeurosis (conflicto entre las pulsiones biológicas y el sistema simbólico de valores), de neurosis existenciales (conflicto entre universos simbólicos, pérdida de la orientación del valor, experiencias de falta de significado del individuo), de delincuencia juvenil (desplome o erosión del sistema de valores), etc. (228).

FOR AUTHOR USE ONLY

VITALISMO

> **Doctrina según la cual la organización y regulación de los procesos vitales sólo pueden ser explicados a partir de ciertos factores animoides (entelequias, espíritus, etc.) que acechan en la célula o el organismo. Von Bertalanffy critica, en la biología, tanto las doctrinas vitalistas como las mecanicistas, proponiendo en su lugar el punto de vista llamado organísmico (92).**

Muchas de las características de los sistemas organísmicos, consideradas a menudo vitalistas (espíritus, o hasta 'duendecillos', como llega a decir von Bertalanffy), son perfectamente explicables a partir del concepto de sistema abierto y de algunas de sus características, como por ejemplo la equifinalidad (138).

Un representante del vitalismo es Hans Driesch (1867-1941), que abrazó dicha doctrina tras el análisis de experimentos con embriones tempranos. En este contexto, a Driesch le había llamado la atención que el mismo resultado final (un organismo normal de erizo de mar) podía proceder en su origen tanto de un cigoto completo, como de cada mitad de un cigoto, como del producto de fusión de dos cigotos. Este hecho, pensó Driesch, contradice las leyes de la física y sólo puede explicarse a partir un factor vitalista animoide que gobierne los procesos previendo la meta.

Sin embargo, puede demostrarse que los fenómenos descritos por Driesch, que él consideraba la más importante prueba del vitalismo, pueden explicarse perfectamente a partir de la idea de equifinalidad, es decir, la posibilidad de los sistemas abiertos de poder llegar al mismo resultado final a partir de puntos de partida diferentes y por diferentes caminos (40).

Otra cuestión que invocaron frecuentemente los vitalistas en favor de su postura fue el hecho de que, mientras toda la naturaleza física tendía hacia una entropía creciente (hacia el desorden), en la naturaleza animada había sin embargo una tendencia inversa (hacia el orden), lo cual se debía precisamente a un factor animoide. Estas aparentes contradicciones desaparecen, dice von Bertalanffy, gracias a la expansión y generalización de la teoría física de los sistemas abiertos, con lo cual las explicaciones vitalistas pierden su razón de ser (150).

FOR AUTHOR USE ONLY

BIBLIOGRAFÍA

En los artículos de este diccionario, los números que figuran entre paréntesis remiten a la página del texto utilizado como referencia bibliográfica: Bertalanffy, Ludwig von, *Teoría general de los sistemas*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 1992, 3° reimpresión de la 1° edición en español, 1976.

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

MoreBooks! publishing

yes

i want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

FOR AUTHOR USE ONLY

Buy your books online at

www.get-morebooks.com

¡Compre sus libros rápido y directo en internet, en una de las librerías en línea con mayor crecimiento en el mundo! Producción que protege el medio ambiente a través de las tecnologías de impresión bajo demanda.

Compre sus libros online en

www.morebooks.es

VSG VDM Verlagsservicegesellschaft mbH

VDM Verlagsservicegesellschaft mbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken

Telefon: +49 681 3720 174
Telefax: +49 681 3720 1749

info@vdm-vsg.de
www.vdm-vsg.de

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY